١٥١٢ -٥٤

دراسة حركة الساعين بالمسعى مع
بناء أنموذج محاكاة احتمالى لتقدير الطاقة الاستيعابية

رمضان ١٤١٥ هـ

الباحثان

د/ أحمد البدوى طه عبد المجيد

أ. د/ محمد بن نعيم حامد رضوى

ملخص البحث

يبلغ أقصي عدد من المصليين والمعتمرين في شهر رمضان . وبالطبع فإن هؤلاء المعتمرين يتجهون إلي المسعى بغرض السعى بين الصفا و المروة. وتزيد درجة الازدحام بدرجة كبيرة نتيجة زيادة عدد الساعين خاصة ليلة السابع والعشرين منه. وتعتبر دراسة الحركة بالمسعى فى غاية الأهمية حيث إنه يعتبر جزءاً من سلسلة الشعائر التى يقوم بها المعتمرون أو الحجاج. ويعتبر تقدير الطاقة الاستيعابية للمسعى فى حالتى المعتمرين والحجاج ذات أهمية قصوى. ففى الحالة الأولى (المعتمرين) فإن تقدير الطاقة الاستيعابية للمسعى يجب تقديره ليتم مقارنته بالطاقة الاستيعابية للطواف حتى يكون هناك توازن بين حجم الطلب على الطواف وحجم الطلب على السعى. وفى الحالة الثانية (الحج) فإن تقدير الطاقة الاستيعابية للمسعى يفيد فى مقارنته بالطاقة الاستيعابية للجمرات وبخاصة يوم الثانى عشر من ذى الحجة بحيث يكون هناك توازن بين أعداد الراجمين والساعين. ويركز هذا البحث علي دراسة حركة الساعين بين الصفا والمروة . وتهدف الدراسة الحالية إلي التعرف علي خصائص الساعين وحركتهم أولاً. وكذلك التوصل إلى نمذجة خصائص حركة الساعين ثانياً. بالإضافة إلى تقدير الطاقة الاستيعابية المثلى للمسعى عن طريق بناء أنموذج محاكاة لحركة الساعين ثالثاً. وفى سبيل تحقيق ذلك فقد تناولت منهجية هذا البحث مراجعة الدراسات السابقة وجمع البيانات اللازمة لتحقيق كل أهداف البحث. وفى سبيل تحقيق الهدف الأول فقد تم عن طريق استقصاء عينة من الساعين تم تحديد حجمها إحصائياً. أما الهدف الثانى فقد تم تحقيقه عن طريق التصوير بالفيديو لحركة الساعين فى منطقتين بالمسعى أحدهما بين الأخضرين لتعكس حركة الهرولة والأخرى فى منطقة الحركة العادية. وقد تم إنجاز الهدف الثالث بالتصوير بالفيديو بجانب قياس أزمنة الساعين خلال الأنشطة المختلفة بالمسعى. ويجدر الإشارة هنا إلى أنه المنهجية قد اعتمدت فى تقدير الطاقة الاستيعابية على الأزمنة خلال الأنشطة المختلفة والتى تعكس خصائص الساعين مثل العمر ودول القدوم والجنس والصحة وغير ذلك.

وقد أسفرت هذه الدراسة عن عدة نتائج أهمها مايلى:

١- يلاحظ أن نسبة من يستخدمون الطابق الأرضى من الساعين بصفة عامة تصل إلى ٨٢,٨% بينما تصل نسبة من يستخدمون الطابق العلوى إلى ١٧,٢% فقط.

٢ – اتضح أن أعلي نسبة للساعين في الطابق الأرضي هى لهؤلاء القادمين من خارج المملكة حيث تصل نسبتهم إلي ٨٨,٨ % يليها المقيمون حيث تصل نسبتهم إلي ٨٢,٣ % بينما تصل نسبة السعوديين إلي ٦٧,٤ %. وهذا يمكن تبريره بأن السعوديين والمقيمين على دراية أكثر من القادمين من خارج المملكة بطوابق المسعى.

وبالنسبة للساعين على السطح فقد اتضح أن نسبتهم قليلة جداً مما أدي إلي استبعادها .

٣- بالنسبة لفئتى الأعمار أقل من ٢٠ عاماً ، من ٢١-٤٠ عاماً فإنه يتضح أن نسبة الساعين فى الطابق العلوى لهاتين الفئتين أعلى عنه بالنسبة للطابق الأرضى حيث تبلغ ٦٢,٢% ، ٦٨,١% على التوالى فى حالة الطابق العلوى بينما تبلغ ٥٣,٨% ، ٦٠,٤% فى حالة الطابق الأرضى.

٤ – تبين أيضاً إنخفاض نسبة الساعين في الطابق العلوي لمن تتجاوز أعمارهم ٦٠ عاماً حيث يصل إلي ٢,٧ % فقط مقارنة بنحو ٦,٤ % بالنسبة للطابق الأرضي.

٥- تبين ارتفاع المستوي التعليمي حيث تصل نسبة الأمية إلي ١٠,٦ % فقط.

٦- ظهر اتجاه المثقفين إلي استخدام الطابق العلوي واضحاً حيث يلاحظ أن نسبة الساعين ذات المستوي الجامعي تصل إلي ٤٩,١ % في الطابق العلوي بينما تصل نسبتهم في الطابق الأرضي إلي ٣٥ % فقط. كما يلاحظ من الجدول اتجاه الأميين إلى الطابق الأرضى أكثر من الطابق العلوى ويمكن تبرير ذلك بأن نسبة عالية منهم لاتعرف أن هناك طابقا علوياً للمسعى.

٧- تبين أن هناك إقبالاً ملحوظا على استخدام الطابق الأرضى حيث تصل نسبة من يستخدمونه إلى ٨٢,٨% وتعتبر هذه النسبة عالية إذا ماقورنت بالطابق العلوى الذى يبلغ نسبة الساعين به ١٧,٢% فقط. ويلاحظ من النتائج أن ذلك يرجع لعدة أسباب منها سهولة الوصول إلى الطابق الأرضى والاعتقاد الدينى ولعدم معرفة بعض الساعين بأن هناك طوابق أخرى بالإضافة لعدم المعرفة بكيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى.

٨- من ناحية أسباب تفضيل استخدام الطابق الأرضى بالنسبة للأميين وغير الأميين فقد اتضح أن نسبة الأميين الذين اختاروا الطابق الأرضى تصل إلى ٩٠% بينما تصل هذه النسبة فى حالة غير الأميين إلى ٨٢% مما يبين أن هناك أسباباً معينة تجذب الأميين إلى

الطابق الأرضى. وبدراسة هذه الأسباب يتبين أن إقبال الأميين على استخدام الطابق الأرضى أكثر من غير الأميين يرجع لارتفاع نسبة الأميين الذين لايعرفون بأن هناك طوابق أخرى حيث تصل نسبتهم إلى ١٩,٤٪ بينما تصل هذه النسبة فى حالة غير الأميين إلى ١١,١٪ فقط. كما أن عدم معرفة الأميين بكيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى تظهر كسبب لعدم إقبالهم على استخدام تلك الطوابق بالمسعى حيث تصل نسبة الأميين الذين لايعرفون كيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى فى حالة الأميين أكثر من ضعف تلك النسبة فى حالة غير الأميين.

٩ – بالنسبة لمستخدمى المسعى حسب الجنسية فيتضح أن نسبة من فضلوا استخدام الطابق الأرضى من المواطنين السعوديين والمقيمين لعدم معرفتهم بأن هناك طوابق أخرى تصل إلى ٤,٩٪ ، ٣,٢٪ فقط على التوالى بينما تزيد هذه النسبة فى حالة القادمين من خارج المملكة إلى ١٧,٦٪ وذلك يرجع لعدم معرفتهم الكافية مسبقاً بالحرم. كما أن عدم المعرفة بكيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى تزيد فى حالة القادمين من خارج المملكة حيث تصل نسبتهم إلى ٣,٨٪ مقارنة بنحو ٢٪ ، ١,٣٪ فى حالة المواطنين السعوديين والمقيمين. كما يلاحظ أن الاعتقاد الدينى يعتبر ذات تأثير حيث تصل نسبة المقيمين والقادمين من خارج المملكة المستخدمين للطابق الأرضى نحو ٢٩٪ ، ٢٨,٧٪ على الترتيب بينما تصل هذه النسبة إلى ١٩,٦٪ فقط فى حالة المواطنين السعوديين.

١٠ – بالنسبة لهؤلاء الذين لم يستخدموا الطابق العلوى فقد اتضح أن هناك نسبة ١٦,٨٪ من الساعين بالطابق الأرضى لاتعرف أن هناك طابقاً علوياً. كما أن هناك نسبة ٢٦٪ لاتستخدم الطابق العلوى لصعوبة الوصول إليه. كما تصل نسبة من لم يستخدموا الطابق العلوى بسبب سهولة الحركة بالطابق الأرضى إلى ٣٤٪.

١١ – بالنسبة للطابق السطحى فقد اتضح أن الأسباب الرئيسية فى عدم استخدامه تكمن فى عدم المعرفة بأن هناك طواف على السطح وصعوبة الوصول إلى السطح.

١٢– بالنسبة لأسباب تفضيل الطابق العلوى فقد اتضح أن السبب الرئيسى فى استخدام الطابق العلوى يرجع إلى أنه أقل ازدحاماً من الطابق الأرضى حيث تبلغ نسبة من يستخدمونه لهذا السبب ٨٥٪. أما الأسباب الأخرى وإن كانت ليست عالية إلا

أنها تشير إلى أن هناك بعض الساعين يفضلون الطابق العلوى لوجود عربات مجانية أو وجود انشراح نفسى.

١٣- بالنسبة لأسباب عدم استخدام الطابق الأرضى فيتضح أن السبب الرئيسى فى عدم استخدامه يرجع إلى كثرة الزحام به حيث تبلغ نسبة من فضلوا عدم استخدامه لهذا السبب ٨٧,٢%. كما يظهر أن هناك نسبة ٧% لم يستخدموا الطابق الأرضى لعدم توفر عربات مجانية.

١٤- بالنسبة لأسباب عدم استخدام الطابق السطحى بالنسبة للساعين فى الطابق العلوى فقد اتضح أن الأسباب الرئيسية فى عدم استخدام الطابق السطحى تكمن فى عدم المعرفة بأن هناك طواف على السطح وصعوبة الوصول إلى السطح.

١٥- بالنسبة لزمن السعى حسب العمر فقد تبين أن نسبة من يسعون فى زمن أكثر من ساعة فى الطابق الأرضى (٢٧,٢%) أعلى منه فى الطابق العلوى (١٧,٥%) مما يتبين منه أن الحركة فى الطابق العلوى أفضل منها فى الطابق الأرضى.

١٦- توضح التحليلات أن هناك نسبة ٣٢,٥% من الساعين يلاقون صعوبات فى السعى وبدراسة هذه الصعوبات فى كل من الطابقين الأرضى والعلوى فإنه تبين أن نسبة عالية من الساعين فى الطابق الأرضى تواجه صعوبات بسبب الازدحام حيث تصل هذه النسبة إلى ٧٥,٨% وتقل هذه النسبة فى الطابق العلوى حيث تبلغ ٥١,٥% فقط. وقد ظهر نوع من الصعوبات فى الطابق الأرضى ليس موجوداً فى الطابق العلوى وهو تداخل الساعين مع المشاة من غير الساعين الداخلين إلى الحرم من أبواب الحرم المطلة على المسعى. كما أن عدم توفير عربات مجانية أو للإيجار بكثرة فى الطابق العلوى قد ظهر فى الطابق العلوى.

١٧- بالنسبة لخصائص حركة الساعين فإنه يتضح أنه بمقارنة الحركة فى الموقعين ذات الحركة العادية وذات الهرولة فإنه يتضح أن الكثافة تبدو منخفضة فى حالة الموقع ذات الهرولة عنه فى حالة الموقع ذات الحركة العادية. وقد أثر ذلك على معدل التدفق حيث تبين أن معدل التدفق قد نقص فى حالة الموقع ذات الهرولة نتيجة نقصان الكثافة. كما وصلت السرعة فى حالة الهرولة أكثر من ٤٠% عنه فى حالة الحركة العادية (من ١٦٧ إلى ٢٣٩,٣ قدم/ثانية).

١٨- بالنسبة للعلاقة بين السرعة والمساحة المتاحة للشخص فى حالة السير العادية والهرولة ثم فى الحالتين معاً فقد اتضح تأثر السرعة بالكثافة. فعلى سبيل المثال اتضح أنه لمدى مساحة متاحة أقل من ٢٥ قدم مربع لكل شخص فإن السرعة تتأثر بدرجة كبيرة فى حالة المشى العادى أما فى حالة الهرولة فإن ذلك يحدث عند مساحة أقل من ٥٠ قدم مربع لكل شخص.

١٩- اتضح أن أفضل العلاقات الرياضية بين السرعة والمساحة المتاحة للشخص هى تلك التى تتبع الصيغة التالية:

$$V=A+B \times Ln (S)$$

حيث: V = السرعة ، S = المساحة المتاحة للشخص

٢٠- اتضح وجود علاقة مقلوبة بين معدل التدفق والمساحة المتاحة للشخص فى جميع الحالات كما تبين أن المساحة لها معامل بالسالب وهذا من الطبيعى حيث إنه كلما زادت الكثافة زاد معدل التدفق.

٢١- تبين وجود علاقة مقلوبة بين معدل التدفق والسرعة وهذ يتفق مع دليل سعة الطرق الأمريكى. كما اتضح أن أفضل علاقات تربط بين معدل التدفق والسرعة هى علاقات خطية.

٢٢- تبين من أنموذج المحاكاة أن الطاقة الاستيعابية المثلى فى حالة الكثافة المنخفضة تصل إلى ٨٦٠ شخص/ساعة وتصل إلى ١٠٠٠٠ شخص/ساعة فى حالة الكثافة المتوسطة. أما فى حالة الكثافة العالية فإنها تصل إلى ٤٠٠٠٠ شخص/ساعة.

كما أوصت هذه الدراسة بما يلى:

أ- نظراً لانخفاض نسبة الساعين فى الطابق العلوى والسطح بالقارنة بالطابق الأرضى فإنه يجب تكثيف الإرشاد وتوعية الساعين خاصة القادمين من خارج المملكة بوجود طوابق أخرى غير الطابق الأرضى لتخفيف الزحام فى الطابق الأرضى.

ب- بالنسبة للإرشاد والتوجيه يجب الأخذ فى الاعتبار كيفية مخاطبة الأميين لتوجيههم حيث تبين ارتفع نسبتهم بالطابق الأرضى.

ج- تبين ارتفاع نسبة الساعين فى الطابق الأرضى بسبب الإعتقاد الدينى. لهذا يجب الأخذ فى الاعتبار هذا السبب فى الإرشاد لإقناع الساعين بإمكانية التوجه إلى استخدام الطوابق الأخرى بالمسعى.

د- إن الأسباب الرئيسية فى عدم استخدام الطابق السطحى بالنسبة للساعين فى الطابق العلوى تكمن فى عدم المعرفة بأن هناك طواف على السطح حيث تبلغ نسبة الساعين لهذا السبب نحو ٢٢,٦%. كما أن صعوبة الوصول إلى السطح كان سبباً رئيسياً فى عدم استخدام الساعين لهذا الطابق حيث بلغت نسبتهم ٥٢,٧%. فتكثيف الإرشاد والتوعية واجب أساسى كما أن تبصير الساعين بكيفية الوصول إلى السطح تعتبر فى غاية الأهمية.

هـ- ضرورة توجيه الداخلين للحرم من أبواب المسعى المطلة على الساحة الشرقية من الكبارى العابرة للمسعى للدخول للحرم.

و- توفير عربات مجانية أو للإيجار بكثرة فى الطابق العلوى.

ز- تبين من هذا البحث أن الطاقة الاستيعابية المثلى فى حالة الكثافة العالية تصل إلى ٤٠٠٠٠ شخص/ساعة. لذا يجب مقارنة هذه السعة مع سعة الجمرات وبخاصة لهؤلاء الذين يقصدون الحرم بعد الانتهاء من رمى الجمرات بغرض السعى وكذلك مقارنة تلك السعة بسعة الطواف.

المحتويات

قائمة الجداول

١- مقدمة :

يزداد إقبال المعتمرين علي المسجد الحرام خلال شهر رمضان المبارك حيث يحرص سكان مكة المكرمة والقادمين إليها من أنحاء المملكة وخارجها علي أداء صلوات العشاء والتراويح ويلاحظ أن هذا الإقبال يتزايد تزايداً ملحوظاً خلال العشر الأواخر من شهر رمضان المبارك في المسجد الحرام ويبلغ أقصي عدد من المصلين في شهر رمضان ليلة السابع والعشرين منه. كما يزيد عدد المعتمرين في هذه الليلة بدرجة كبيرة وبالطبع فإن هؤلاء المعتمرين يتجهون إلي المسعى بغرض السعى بين الصفا و المروة. وتزيد درجة الازدحام بدرجة كبيرة نتيجة زيادة عدد الساعين وتعتبر دراسة الحركة بالمسعى فى غاية الأهمية حيث إنه يعتبر جزءاً من سلسلة الشعائر التى يقوم بها المعتمرون أو الحجاج. فبالنسبة للمعتمرين فإنهم يقومون بالسعى بين الصفا والمروة بعد الطواف أما بالنسبة للحجاج فإنهم يقومون بالسعى يوم العاشر من ذى الحجة كما يؤدون طواف الوداع. لذا فإن تقدير الطاقة الاستيعابية للمسعى فى حالتى المعتمرين والحجاج تعتبر ذات أهمية قصوى. ففى الحالة الأولى (المعتمرين) فإن تقدير الطاقة الاستيعابية للمسعى يجب تقديره ليتم مقارنته بالطاقة الاستيعابية للطواف حتى يكون هناك توازن بين الطائفين والساعين. وفى الحالة الثانية (الحجاج) فإن تقدير الطاقة الاستيعابية للمسعى يفيد فى مقارنته بالطاقة الاستيعابية للجمرات وبخاصة يوم الثانى عشر من ذى الحجة بحيث يكون هناك توازن بين أعداد الراجمين والساعين. ويركز هذا البحث علي دراسة حركة الساعين بين الصفا والمروة . وتهدف الدراسة الحالية إلي ما يلي :

أ - التعرف علي خصائص الساعين .

ب- التعرف على خصائص حركة الساعين.

ج- نمذجة خصائص حركة الساعين

د - تقدير الطاقة الاستيعابية المثلى للمسعى عن طريق بناء أنموذج محاكاة لحركة الساعين مع الأخذ في الاعتبار ما يلي :

١- متوسط زمن السعي.

٢- كثافات الساعين.

٣- أماكن الاختناقات.

٤- مستوى الخدمة الأمثل.

٢- الدراسات السابقة:

تتعلق الدراسة الحالية بحركة الساعين فى المسعى. وتعتبر هذه من الدراسات المتعلقة بحركة المشاة. وعلم هندسة وتخطيط النقل والمرور يشتمل على العديد من الدراسات المتعلقة بهذه الحركة فى كثير من دول العالم. وقد اشتمل دليل سعة الطرق الأمريكى على جزء خاص متعلق بحركة المشاة (١). ويلاحظ أنه غير منطقى تطبيق النماذج الرياضية المتعلقة بحركة المشاة والتى عملت فى بعض مدن العالم على حركة الساعين لعدة أسباب أهمها أن حركة الساعين تعتبر فريدة حيث يتكون الساعون من أناس من مختلف أنواع العالم ومن مدن نامية ومتقدمة. لذا فإن خصائص حركتهم تختلف عن خصائص أى مدينة فى العالم. وتعتبر الدراسات السابقة الخاصة بالمسعى قليلة جداً . فمن أهم الدراسات التى تناولت الحركة فى المسجد الحرام هى دراسة الحركة بالمطاف عام ١٤٠٨ هـ (٢) ودراسة حركة الحجاج فى المسعى عام ١٤٠٣ هـ (٣). وقد ركزت الدراسة الأولى أهدافها على حركة المصلين عند أبواب المسجد الحرام والطواف. أما الدراسة الثانية والمتعلقة بالمسعى فقد مضى عليها أكثر من ١٢ عاماً بالإضافة إلي أنها لم تتناول الجوانب التي تم دراستها في الدراسة الحالية لاختلاف أهدافها. فلم تهدف الدراسة السابقة إلى نمذجة حركة الساعين أو تقدير الطاقة الاستيعابية.

٣- خطة البحث :

تضمنت خطة البحث منهجاً استطلاعياً تحليلياً وقد شملت خطة البحث ما يلي:

٣-١- خصائص الساعين وتحركاتهم:

تم دراسة خصائص الساعين وتحركاتهم عن طريق استبيانات للساعين. وقد شمل ذلك تحديد عينة من الساعين طبقاً للمعادلة التالية (٤، ٥) :

$$E = Z\sqrt{(p(1-p)/n)(1-n/N)} \quad \text{.............................(1)}$$

حيث:

E = نسبة الخطأ المسموح به

Z = المتغير الموحد

p= النسبة الحقيقية

n = حجم العينة

N=حجم المجتمع

ويلاحظ من هذه المعادلة أن حجم العينة يعتمد على عدة عوامل مثل نسبة الخطأ المسموح به وكذلك النسبة الحقيقية ومعامل الثقة ، وفي هذه الحالة إذا فرض أن جـ = ٠,١ ومعامل الثقة = ٠,٩٠ ونسبة خطأ تساوى ٣ % فإنه ينتج عن ذلك عينة حجمها ٢٧٩ . وقد شمل الاستبيان عينة حجمها ٦٧٥ ساعياً مما يعتبر مقبولاً إحصائياً.

٣-٢ نمذجة حركة الساعين:

بالنسبة لنمذجة حركة الساعين فقد كان المطلوب هو الحصول على البيانات المتعلقة بالسرعة ، والمساحة المتاحة للشخص ، ومعدل التدفق. وقد تم الحصول على هذه البيانات عن طريق التصوير بالفيديو فى موقعين بالمسعى حيث يعطى الموقع الأول البيانات الخاصة بالحركة العادية للساعين فى حين يعطى الموقع الثانى البيانات الخاصة بالهرولة (منطقة الضوء الأخضر). وقد تم بناء العديد من النماذج الرياضية للحصول على أفضلها كما سيتضح فيما بعد.

٣-٣ تقدير الطاقة الاستيعابية للمسعى:

وقد شمل خطة تحقيق ذلك مايلى:

أ- تقسيم منطقة السعي إلي مناطق محددة ذات أنشطة:

يبين شكل (١) تقسيم منطقة السعى إلى عدة مناطق يمكن قياس أزمنة انتقال الساعين فيها بسهولة ودقة. وتشمل هذه الأنشطة مايلى:

شكل رقم(٢)كروكى لبيان الانشطة المختلفة فى المسعى

١- النشاط الأول: ويبدأ من بداية الدخول إلي منطقة الصفا (نقطة رقم ١) وينتهي مع نهاية منطقة الصفا (نقطة رقم ٢) . ويلاحظ أن النقطتان رقمي (١) ، (٢) في هذا النشاط تختلفان في كل طابق من الطوابق الثلاثة وعلي مسجل القراءات سؤال مشرف القراءات بخصوصه .

٢- النشاط الثاني : ويبدأ من النقطة رقم (٢) حتى الخط الأخضر الأول تجاه المروة (نقطة٣).

٣- النشاط الثالث : ويبدأ من النقطة رقم (٣) وحتي الخط الأخضر الثاني تجاه المروة (نقطة٤) والممثلة بمنطقة ما بين الأخضرين .

٤ – النشاط الرابع : ويبدأ من النقطة (٤) وحتى بداية الدخول إلي منطقة المروة (نقطة ٥) .

٥ – النشاط الخامس : ويبدأ من بداية الدخول إلي منطقة المروة (نقطة ٥) وينتهي مع نهاية منطقة المروة (نقطة رقم ٦) ويلاحظ بأن النقطتين رقمي (٥) ، (٦) في هذا النشاط تختلفان في كل طابق من الطوابق الثلاث وعلى مسجل القراءات سؤال مشرف القراءات بخصوصه .

٦- النشاط السادس : ويبدأ من النقطة (٦) حتى الخط الأخضر الأول تجاه الصفا (نقطة٧).

٧- النشاط السابع : ويبدأ من النقطة (٧)وحتى الخط الأخضر الثاني تجاه الصفا (نقطة ٨) والممثلة بمنطقة ما بين الأخضرين .

٨- النشاط الثامن : ويبدأ من النقطة (٨) وحتى بداية الدخول إلي منطقة الصفا (نقطة ١) .

ب – تصميم نماذج لجمع البيانات :

تم تصميم نموذج جمع البيانات الخاص بتسجيل القراءات كما هو في ملحق رقم (١) .

جـ – تدريب الطلاب على جمع البيانات:

تم توعية الطلاب بكيفية جمع البيانات وقد طلب منهم تعبئة المعلومات العامة على النموذج فى البداية وبالنسبة لرصد قراءات الأنشطة في الخانات المخصصة لها وزع عليهم التعليمات التالية:

١ – يبدأ المسجل بتسجيل زمن النشاط من النقطة (١) بمتابعة ساعي معين وعند وصول النقطة (٢) يسجل القراءة من ساعة التوقيت.

٢ – يستمر المسجل في تسجيل الأنشطة التالية ويسجل القراءات الخاصة بها إلي أن تنتهي المجموعة بالقراءات للنشاط (٨).

٣ – تتكون عملية التسجيل من مرحلتين : الأولي منها التسجيل علي مسودة والثانية مبيضة ، حيث تترك وحدة التسجيل في المسودة بالطريقة التي يرغب بها المسجل بينما في المبيضة يقوم المسجل برصدها بالثواني لأقرب عدد صحيح.

٤ – عند اكتمال النموذج وإعداد المبيضة لابد من الحصول علي اسم وتوقيع المشرف كإعتماد منه علي صحة البيانات ويجب أن يتم ذلك قبل مغادرة المسجل الموقع .

٥ – علي المسجل عدم تعقب نفس الشخص وإنما يغير الشخص لتسجيل القراءة من موقع لآخر مع محاولة الاختيار العشوائي للأشخاص.

٦ – علي المسجل الالتزام بالجدول الموضوع لرصد البيانات.

د – تحديد منطقة للتصوير بالفيديو :

تم تحديد منطقتين للتصوير بالفيديو إحداهما في منطقة الضوء الأخضر وهي منطقة الهرولة والأخرى في المنطقة التي تقع قبلها بحيث تعكس متغيرات السرعة والكثافة والتدفق في حالة الهرولة وحالة السرعة العادية .

هـ– التحليل الإحصائي الآلي للبيانات.

و – الاختبارات الإحصائية علي البيانات.

ز – بناء نموذج محاكاة.

ح– ترتيب البيانات لاستخدامها فى النموذج .

ط– إجراء التجارب علي النموذج .

ى-مناقشة النتائج .

ويلاحظ هنا أن أنموذج المحاكاة قد اعتمد أساساً على زمن الأنشطة المختلفة وهـذا من المستحسن فى مثل هذه الحالة حيث يعكس هذا الزمن خصائص الساعين أنفسهم بالإضافة إلى خصائص الحركة فى حد نفسها مثل الكثافة والسرعة.

٤- تحليل البيانات :

٤-١ خصائص الساعين :

٤-١-١ توزيع الساعين حسب إقامتهم:

يوضح الجدول (٤-١) التوزيع النسبي للساعين حسب إقامتهم ويتضح من هـذا الجدول أن أعلي نسبة للساعين في الطابق الأرضي هى لهؤلاء القادمين من خارج المملكة حيث تصل نسبتهم إلي ٨٨,٨ % يليها المقيمون حيث تصل نسبتهم إلي ٨٢,٣ % بينما تصل نسبة السعوديين إلي ٦٧,٤ % أما بالنسبة للطابق العلوي فيظهر أن أعلي نسبة هـي للسعوديين يليها المقيمون ثم القادمين من خارج المملكة. وهذا يمكن تبريره بأن السعوديين والمقيمين على دراية أكثر من القادمين من خارج المملكة بطوابق المسعى. وبالنسبة للساعين على السطح فقد اتضح أن نسبتهم قليلة جداً مما أدي إلي استبعادها . ويلاحظ أن نسبة من يستخدمون الطابق الأرضى من الساعين بصفة عامة تصل إلى ٨٢,٨% بينما تصل نسبة من يستخدمون الطابق العلوى إلى ١٧,٢% فقط. كما يبين جدول (٤-٢) التوزيع النسبى للساعين حسب جنسيتهم فى كل طابق ويتضح من الجدول أن نسبة السعوديين تعتبر أقل نسبة يليها المقيمين ثم القادمين من خارج المملكة بالنسبة للطابق الأرضى. والعكس صحيح بالنسبة للطابق العلوى.

جدول رقم (٤-١) : التوزيع النسبي للساعين حسب أماكن القدوم .

الطابق / الجنسية	الأرضي	العلوي	كل السعي
سعوديون	٦٧,٤	٣٢,٦	١٠٠
مقيمون	٨٢,٣	١٧,٧	١٠٠
من خارج المملكة	٨٨,٨	١١,٢	١٠٠
المجموع	٨٢,٨	١٧,٢	١٠٠

جدول رقم (٤-٢) : التوزيع النسبي للساعين حسب أماكن القدوم .

الجنسية / الطابق	مواطن سعودى	مقيم	من خارج المملكة	المجموع
الأرضى	١٦,٨	٢٤,٨	٥٨,٤	١٠٠
العلوى	٣٨,٩	٢٥,٧	٣٥,٤	١٠٠

٤-١-٢ توزيع الساعين حسب الأعمار :

يوضح جدول (٤-٣) التوزيع النسبي للساعين حسب أعمارهم ويتضح من هذا الجدول أنه بالنسبة للطابق الأرضي فإن نسبة الساعين الذين يسعون فى الطابق العلوى تزيد بالنسبة لفئتى الأعمار أقل من ٢٠ عاماً ، وكذلك من ٢١-٤٠ عاماً عنه بالنسبة للطابق الأرضى حيث تبلغ ٦٦,٢% ، ٦٨,١% على التوالى فى حين تبلغ فى حالة الطابق الأرضى ٣,٨% و ٦٠,٤% لنفس فئتى الأعمار.

كما يظهر الجدول أيضاً اتجاه الساعين الذين يتجاوز أعمارهم ٦٠ عاماً إلى استخدام الدور الأرضى أكثر من الدور العلوى حيث تصل نسبتهم إلى٦٦,٤% فى الطابق الأرضى مقارنة بنحو ٢,٧ % فى الطابق العلوى.

٤-١-٣ المستوي التعليمي : .

يوضح جدول (٤-٤) التوزيع النسبي للساعين حسب المستوى التعليمي ويتضح من هذا الجدول ارتفاع المستوي التعليمي حيث تصل نسبة الأمية إلي ١٠,٥ % فقط ويظهر من الجدول اتجاه المثقفين إلي الاتجاه إلي الطابق العلوي حيث يلاحظ أن نسبة الساعين ذات المستوي الجامعي تصل إلي ٤٩,١ % في الطابق العلوي بينما تصل نسبتهم في الطابق الأرضي إلي ٣٥ % فقط. كما يلاحظ من الجدول اتجاه الأميين إلى الطابق الأرضى أكثر من الطابق العلوى ويمكن تبرير ذلك بأن نسبة عالية منهم لاتعرف أن هناك طابقا علوياً للمسعى.

جدول رقم (٤-٣) : التوزيع النسبي للساعين حسب العمر .

الطابق / الجنسية	الأرضي	العلوي	كل السعي
أقل من ٢٠ عاماً	٣,٨	٦,٢	٤,٣
٢١-٤٠	٦٠,٤	٦٨,١	٦١,٦
٤٠-٦٠	٢٩	٢٣	٢٧,٧
أعلى من ٦٠ عاماً	٦,٨	٢,٧	٦,٤
المتوسط	٨٢,٨	١٧,٢	١٠٠

جدول رقم (٤-٤) : التوزيع النسبي للساعين حسب المستوي التعليمي .

الطابق / الجنسية	الأرضي	العلوي	كل السعي
أمي	١١,٧	٦,٣	١٠,٥
ابتدائي	١٠,١	٨,٠	٩,٥
متوسط	١٧,٤	١٠,٧	١٦,٤
ثانوي	٢٥,٨	٢٥,٩	٢٥,٨
جامعي	٣٥,٠	٤٩,١	٣٧,٧
المجموع	١٠٠	١٠٠	١٠٠

٤-٢ توزيع اللساعين على طوابق المسعى

٤-٢-١ التوزيع النسبي للساعين على طوابق المسعى

يتبين من جدولى (٤-١) ، (٤-٢) أن هناك إقبالاً ملحوظا على استخدام الطابق الأرضى حيث تصل نسبة من يستخدمونه إلى ٨٢,٨٪ وتعتبر هذه النسبة عالية إذا ماقورنت بالطابق العلوى الذى يبلغ نسبة الساعين به ١٧,٢٪ فقط.

وبالنسبة لتوزيع الساعين على طوابق المسعى طبقاً لجنسياتهم فقد تضمن الاستبيان شرحا للأسباب التى دعت الساعين إلى استخدام الطابق الذى سعوا فيه وعن أسباب عدم استخدامهم للطابق الآخر وفيما يلى شرح لذلك:

٤-٢-٢ أسباب تفضيل الطابق الأرضى:

يوضح جدول (٤-٥) التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب استخدامهم الطابق الأرضى ويتضح من هذا الجدول أن نسبة ٣٣,٦% تستخدم الطابق الأرضى لسهولة الوصول إليه ، وتعتبر هذه أعلى نسبة يليها نسبة من يستخدمونه بسبب الاعتقاد الدينى (٢٧%). ويتضح من الجدول أيضا أن هناك نسبة ١٢% ، ٣,٨% تستخدم الطابق الأرضى لعدم المعرفة بأن هناك طابق أرضى ولعدم المعرفة بكيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى.

ومن ناحية أسباب تفضيل استخدام الطابق الأرضى بالنسبة للأميين وغير الأميين فإن النتائج أوضحت أن نسبة الأميين الذين اختاروا الطابق الأرضى تصل إلى ٩٠% بينما تصل هذه النسبة فى حالة غير الأميين إلى ٨٢% مما يبين أن هناك أسباباً معينة تجذب الأميين إلى الطابق الأرضى. وبدراسة هذه الأسباب يتبين من جدول (٤-٥) أن إقبال الأميين على استخدام الطابق الأرضى أكثر من غير الأميين يرجع لارتفاع نسبة الأميين الذين لايعرفون بأن هناك طوابق أخرى حيث تصل نسبتهم إلى ١٩,٤% بينما تصل هذه النسبة فى حالة غير الأميين إلى ١١,١% فقط. كما أن عدم معرفة الأميين بكيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى تظهر كسبب لعدم إقبالهم على استخدام تلك الطوابق بالمسعى حيث تصل نسبة الأميين الذين لايعرفون كيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى فى حالة الأميين أكثر من ضعف تلك النسبة فى حالة غير الأميين.

أما بالنسبة لمستخدمى المسعى حسب الجنسية فيتضح من جدول (٤-٥) أن نسبة من فضلوا استخدام الطابق الأرضى من المواطنين السعوديين والمقيمين لعدم معرفتهم بأن هناك طوابق أخرى تصل إلى ٤,٩% ، ٣,٢% فقط على التوالى بينما تزيد هذه النسبة فى حالة القادمين من خارج المملكة إلى ١٧,٦% وذلك يرجع لعدم معرفتهم الكافية مسبقاً بالحرم. كما أن عدم المعرفة بكيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى تزيد فى حالة القادمين من

خارج المملكة حيث تصل نسبتهم إلى ٣,٨% مقارنة بنحـــو ٢% ، ١,٣% فى حالــة المواطنين السعوديين والمقيمين. كما يلاحظ أن الاعتقاد الديني يعتبر ذات تأثير حيث تصل نسبة المقيمين والقادمين من خارج المملكة المستخدمين للطابق الأرضـــى نحــو ٢٩% ، ٢٨,٧% على الترتيب بينما تصل هذه النسبة إلى ١٩,٦% فقــط فى حالــة المواطنـــين السعوديين.

جدول (٤-٥) : التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب تفضيل الطابق الأرضى

السبب	الأميين	غير الأميين	سعودى	مقيمين	من الخارج	النسبة الكلية
لأنى لاأعرف أن هناك طوابق أخرى	١٩,٤	١١,١	٤,٩	٣,٢	١٧,٦	١٢
لاأعرف كيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى	٧	٢,٣	٢	١,٣	٣,٨	٢,٩
لأن الطابق الأرضى أقرب ويمكن الوصول إليه بسرعة	٢٦,٤	٣٤,٤	٤٨	٣٣,٦	٢٩,٣	٣٣,٦
اعتقاد دينى	٢٣,٦	٢٧,٦	١٩,٦	٢٩	٢٨,٧	٢٧
لسهولة الحركة بالطابق الأرضى	١٩,٤	٢٠,٨	٢٤,٥	٢٨,٤	١٦,٣	٢٠,٧
أخرى	٤,٢	٣,٨	١	٤,٥	٤,٣	٣,٨
المجموع	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠

٤-٢-٣ أسباب عدم استخدام الطابق العلوى:

يوضح جدول (٤-٦) التوزيع النسبى للساعين حسب أسباب عدم اســـتخدامهم الطابق االعلوى ويتضح من هذا الجدول أن هناك نسبة ١٦,٨% من الســـاعين بالطـــابق الأرضى لاتعرف أن هناك طابقاً علوياً. كما أن هناك نسبة ٢٦% لاتســـتخدم الطـــابق العلوى لصعوبة الوصول إليه. كما تصل نسبة من لم يستخدموا الطابق العلـــوى بســـبب سهولة الحركة بالطابق الأرضى إلى ٣٤%.

وبالنسبة لمستوى التعليم فيعتبر أثره واضحاً حيث ترتفع نسبة مـــن لايعرفـــون أن هناك طابقاً علوياً فى حالة الأميين إلى ٢٣,٨% مقارنة بنحـــو ١٤,٣% فى حالـــة غـــير

الأمين. وبالنسبة لتأثير مكان الإقامة فيتضح من الجدول أن نسبة السعوديين والمقيمين الذين لايعرفون أن هناك طابقاً علوياً منخفضة للغاية حيث تصل إلى ٣.٣% ، ٥,٧ % بالمقارنة بالقادمين من خارج المملكة والذين تصل نسبتهم إلى ٢٢,٧%.

جدول (٤-٦): التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب عدم استخدامهم الطابق العلوى

السبب	الأمين	غير الأمين	سعودى	مقيمين	من الخارج	النسبة الكلية
لأنى لا أعرف أن هناك طابقاً علوياً	٢٣,٨	١٤,٣	٣.٣	٥,٧	٢٢,٧	١٦,٨
لصعوبة الوصول إليه	٢٥,٤	٢٧	٣٦,٣	٣٢,٢	٢٢	٢٦
لسهولة الحركة بالطابق الأرضى	٣٣,٣	٣٤,٩	٤٦,١	٣٦,٤	٣٠,٨	٣٤
أخرى	١٧,٥	٢٣,٨	١٤,٣	٢٥,٧	٢٤,٥	٢٣,٢
المجموع	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠

٣-٢-٤ أسباب عدم استخدام الطابق السطحى بالنسبة للساعين فى الطابق الأرضى:

يوضح جدول (٤-٧) التوزيع النسبى للساعين فى الطابق الأرضى حسب أسباب عدم استخدامهم الطابق السطحى. ويتضح من هذا الجدول أن الأسباب الرئيسية فى عدم استخدام الطابق السطحى تكمن فى عدم المعرفة بأن هناك طواف على السطح وصعوبة الوصول إلى السطح.

جدول (٤-٧) : التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب عدم استخدامهم الطابق السطحى

السبب	%
لعدم المعرفة بأن هناك طواف على السطح	١٩,٩
لصعوبة الوصول إلى السطح	٢٨,٣
سهولة الحركة بالطابق الأرضى	٣٠
أخرى	٢١,٨
المجموع	١٠٠

٤-٢-٥ أسباب تفضيل الطابق العلوى:

يوضح جدول (٤-٨) التوزيع النسبى للساعين حسب أسباب استخدامهم الطابق العلوى. ويتضح من هذا الجدول أن السبب الرئيسى فى استخدام الطابق العلوى يرجع إلى أنه أقل ازدحاماً من الطابق الأرضى حيث تبلغ نسبة من يستخدمونه لهذا السبب ٨٥%. أما الأسباب الأخرى وإن كانت ليست عالية إلا أنها تشير إلى أن هناك بعض الساعين يفضلون الطابق العلوى لوجود عربات مجانية أو وجود انشراح نفسى.

وبالنظر لأسباب تفضيل الطابق العلوى للمعتمرين من حيث مستوى التعليم فقد اتضح أن أهم عامل فى حالة الأميين وغير الأميين يرجع لتلافى الزحام فى الطابق الأرضى حيث وصلت نسبة الأميين وغير الأميين الذين سعوا فى الطابق العلوى بالنسبة لهذا السبب ٨٧,٥% ، ٨٤,٤% على التوالى. وبذلك يظهر أن أهم عامل يجذب المعتمرين للطابق العلوى هو تجنب الزحام. كما يظهر هذا العامل جلياً فى الجدول أيضاً فى حالة المعتمرين بكامل فئاتهم إذا كانوا مواطنين سعوديين أو مقيمين أو من خارج المملكة حيث تصل نسبهم لهذا السبب إلى ٨٨,٣% ، ٨٠,٥% ، ٨٣,٧% على التوالى.

جدول (٤-٨) : التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب تفضيل الطابق العلوى

السبب	الأميين	غير الأميين	سعودى	مقيمين	من الخارج	النسبة الكلية
لأن الطابق العلوى أقل ازدحاماً من الطابق الأرضى	٨٧,٥	٨٤,٤	٨٨,٣	٨٠,٥	٨٣,٧	٨٥
لوجود عربات مجانية	-	٤,٦	٤,٧	٦,٥	٢,٣	٤.٤
لوجود انشراح نفسى	١٢,٥	٤,٦	٤,٧	٣.٣	٧	٥,٣
أخرى	-	٦,٤	٢,٣	٩,٧	٧	٥,٣
المجموع	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠

٤-٢-٦ أسباب عدم استخدام الطابق الأرضى:

يوضح جدول (٤-٩) التوزيع النسبى للساعين حسب أسباب عدم استخدامهم الطابق الأرضى. ويتضح من هذا الجدول أن السبب الرئيسى فى عدم استخدام الطابق

الأرضى يرجع إلى كثرة الزحام به حيث تبلغ نسبة من فضلوا عدم استخدامه لهذا السبب ٨٧,٢%. كما يظهر أن هناك نسبة ٧% لم يستخدموا الطابق الأرضى لعدم توفر عربات مجانية.

جدول (٤-٩) : التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب عدم استخدامهم الطابق الأرضى

السبب	%
لأن الطابق الأرضى أكثر ازدحاماً من الطابق العلوى	٨٧,٢
لعدم وجود عربات مجانية	٧
أخرى	٥,٨
المجموع	١٠٠

٤-٢-٧ أسباب عدم استخدام الطابق السطحى بالنسبة للساعين فى الطابق العلوى:

يوضح جدول (٤-١٠) التوزيع النسبى للساعين حسب أسباب عدم استخدامهم الطابق السطحى. ويتضح من هذا الجدول أن الأسباب الرئيسية فى عدم استخدام الطابق السطحى تكمن فى عدم المعرفة بأن هناك طواف على السطح حيث تبلغ نسبة الساعين لهذا السبب نحو ٢٢,٦%. كما أن صعوبة الوصول إلى السطح كان سبباً رئيسياً فى عدم استخدام الساعين لهذا الطابق حيث بلغت نسبتهم ٥٢,٧%.

جدول (٤-١٠) : التوزيع النسبي للساعين حسب أسباب عدم استخدامهم الطابق السطحى

السبب	%
لعدم المعرفة بأن هناك طواف على السطح	٢٢,٦
لصعوبة الوصول إلى السطح	٥٢,٧
لعدم وجود ساعين فى هذا المكان	٧,٥
أخرى	١٧,٢
المجموع	١٠٠

٤-٢-٨ زمن السعى:

اختلف زمن السعى حسب العمر ويوضح جدول (٤-١١) ذلك. ويتبين من هذا الجدول أن نسبة من يسعون فى زمن أكثر من ساعة فى الطابق الأرضى (٢٧,٢%) أعلى منه فى الطابق العلوى (١٧,٥%) مما يتبين منه أن الحركة فى الطابق العلوى أفضل منها فى الطابق الأرضى. وهذا يدعم النتائج السابقة الخاصة بتحول كثير من الساعين إلى استخدام الطابق العلوى بدلاً من الدور الأرضى خوفاً من الزحام. وسوف يتم تناول خصائص الحركة بالتفصيل فى الجزء الخاص بذلك.

جدول (٤-١١) : التوزيع النسبي للساعين حسب زمن السعى

زمن السعى	الطابق الأرضى	الطابق العلوى
٣٠- ٤٤	٢٧,٦	٣١
٤٥ - ٦٠	٤٥,٢	٥١,٥
أكثر من ساعة	٢٧,٢	١٧,٥
المجموع	١٠٠	١٠٠

٤-٢-٩ الصعوبات التى يلاقيها الساعون:

توضح التحليلات أن هناك نسبة ٣٢,٥% من الساعين يلاقون صعوبات فى السعى وبدراسة هذه الصعوبات فى كل من الطابقين الأرضى والعلوى فإنه يتبين من جدول (٤-١٢) أن نسبة عالية من الساعين فى الطابق الأرضى تواجه صعوبات بسبب الازدحام حيث تصل هذه النسبة إلى ٧٥,٨% وتقل هذه النسبة فى الطابق العلوى حيث تبلغ ٥١,٥% فقط. وقد ظهر نوع من الصعوبات فى الطابق الأرضى ليس موجوداً فى الطابق العلوى وهو تداخل الساعين مع المشاة من غير الساعين الداخلين إلى الحرم من أبواب الحرم المطلة على المسعى. كما أن عدم توفير عربات مجانية أو للإيجار بكثرة فى الطابق العلوى قد ظهر فى الطابق العلوى.

جدول (٤-١٢) : التوزيع النسبي للساعين حسب الصعوبات التى واجهوها.

السبب	الطابق الأرضى	الطابق العلوى
الازدحام	٧٥,٨	٥١,٥
تداخل الساعين مع المشاة من غير الساعين	١٨,٨	-
قلة التهوية	-	-
عدم توفر عربات للإيجار	-	١٥
عدم توفر عربات مجانية	-	٢٨,٥
أخرى	٥,٤	٤
المجموع	١٠٠	١٠٠

٤-٣- خصائص حركة الساعين :

تعتبر نمذجة حركة الساعين هامة جداً حيث تساعد كثيراً فى عمليات التخطيط لممرات المشاة والتوصل إلى الطاقة الاستيعابية الممكنة لهذه الممرات. ويتضمن دليل سعة الطرق الأمريكى جزءاً خاصاً بنمذجة حركة المشاة فى بعض الدول الأوربية. ومن الطبيعى فإن استخدام هذه العلاقات يعتبر دون جدوى حيث إن الساعين يأتون من دول مختلفة سواءً متقدمة أو نامية. وفى حالة الدول النامية فإنه يمكن السماح بتلامس المشاة مع بعضهم البعض الأمر الذى يختلف عنه فى حالة الدول المتقدمة. لذلك فإن خصائص الحركة تختلف فى حالة الدول النامية عنه فى حالة الدول المتقدمة. وحيث إن المسعى يشمل أناساً من دول متقدمة وآخرين من دول نامية فإنه لم يتم من قبل الحصول على خصائص هذه الحركة الفريدة. ويهدف هذا التحليل الخاص بنمذجة حركة الساعين إلى التوصل إلى أفضل العلاقات الرياضية التى تربط المتغيرات الخاصة بحركة الساعين مثل الكثافة ، ومعدل التدفق ، والسرعة. وتعتبر الحركة فى المسعى من النوع المتقطع والذى يختلف عن الحركة فى القطاع من عرفات إلى مزدلفة والتى تعتبر من النوع المستمر. وبعد التوصل إلى أفضل العلاقات الرياضية بين المتغيرات السابق ذكرها فى حالة التدفق المتقطع فإنه سوف يتم المقارنة بين خصائص الحركة فى حالة التدفق المتقطع بنظيرتها فى حالة التدفق المستمر.

ولقد تم جمع البيانات الخاصة بحركة الساعين مثل السرعة والتدفق والكثافة باستخدام كاميرتين فيديو تم تثبيت الأولى فى المنطقة التى تقع بين الأخضرين لتعكس خصائص حركة الهرولة بينما تم تثبيت الثانية خارج منطقة الأخضرين لتعكس خصائص الحركة العادية.

٤-٣-١ مقارنة خصائص الحركة العادية بحركة الهرولة:

يبين جدول (٤-١٣) المتوسط الحسابى والانحراف المعيارى للسرعة والمساحة المتاحة للشخص ومعدل التدفق فى الموقعين ذات الحركة العادية وذات الهرولة على التوالى. وبمقارنة الحركة فى المكانين يتضح أن الكثافة تبدو منخفضة فى حالة الموقع ذات الهرولة عنه فى حالة الموقع ذات الحركة العادية. ويتبين من الجدول أن السرعة قد وصلت فى حالة الهرولة أكثر من ٤٠% عنه فى حالة الحركة العادية (من ١٦٧ إلى ٢٣٩,٣ قدم/ثانية). ويظهر أيضا أين معدل التدفق قد نقص فى حالة الموقع ذات الهرولة نتيجة نقصان الكثافة.

جدول (٤-١٣) : خصائص حركة التدفق المتقطع والمستمر

الموقع	حالة التدفق المستمر	حالة التدفق المتقطع		
		حركة عادية	حركة هرولة	المتوسط
السرعة (قدم/دقيقة)	٢٥٧,٩ (٢٦,٤)	١٦٧ (٣٦)	٢٣٩,٣ (٤٥,٤)	٢٠٦,٣ (٤١,١)
المساحة (قدم مربع/شخص)	٥٨ (٢٧,٤)	٢٨,٦ (١٨,٢)	٦٧,٧ (٣٢,٧)	٤٩,٩ (٢٦,١)
تدفق (شخص/دقيقة/قدم)	١١٤,٢ (٤٧,٣)	١٣ (٩.٩)	٨,٩ (٧.٧)	١٠,٧ (٨,٧)
حجم العينة	٣٨٠	١٧٨	٢١٢	٣٩٠

ملحوظة: (الأرقام بين الأقواس تعبر عن الانحراف المعيارى

٤-٣-٢ مقارنة نتائج التدفق المتقطع والمستمر:

يظهر جدول (٤-١٣) أيضاً خصائص حركة المشاة فى حالة التدفق المستمر والتى تم التوصل إليها من دراسة سابقة (٦) بغرض مقارنة تلك الخصائص بنظيرتها فى حالة التدفق المتقطع. ومن المقارنة يتضح مايلى:

١- أن متوسط تدفق الساعين فى حالة التدفق المستمر يصل إلى أكثر من ١٠ مرات عنه فى حالة التدفق المتقطع.

٢- فى حالة الازدحام فإن متوسط الكثافة فى حالة التدفق المتقطع أعلى منه فى حالة التدفق المستمر. ويؤثر ذلك بالطبع على السرعة ويؤدى إلى انخفاضها فى حالة التدفق المتقطع.

وعلى الرغم من أن البيانات فى الموقعين تعتبر بيانات مجتمع واحد إلا أن القيم مختلفة تماماً. ويرجع ذلك إلى أن الموقع ذات الهرولة ذات كثافة منخفضة عن الموقع ذات الحركة العادية. ولهذا فقد تم نمذجة الخصائص رياضياً لكل موقع على حدة وكذلك لكلا الموقعين.

٤-٣-٣ مقارنة خصائص الحركة مع أماكن أخرى بالعالم:

يوضح جدول (٤-١٤) متوسط سرعة المشى لبعض المدن فى مختلف أنحاء العالم والذى يلاحظ منه أن أقل متوسط سرعة مشى تحدث لمن هم فى الرياض حيث تصل إلى ٢١٣ قدم/دقيقة فقط بينما تحدث أعلى سرعة فى بتسبيرف. ويظهر من الجدول أن متوسط السرعة فى حالة التدفق المستمر يقع بين قيم متوسطات السرعات فى مختلف المدن حيث تصل قيمته إلى ٢٥٨ قدم/دقيقة. وبمقارنة متوسط السرعة فى حالة التدفق المتقطع (أى فى حالة المسعى) تصل إلى ٢٠٦ قدم/دقيقة فإنه يلاحظ أنها أقل من جميع قيم متوسطات السرعات لكل المدن المذكورة فى الجدول.

جدول (٤-١٤) : متوسط سرعة المشى (قدم/دقيقة) لبعض الأقطار

الدولة	متوسط سرعة المشى (قدم/دقيقة)	الدولة	متوسط سرعة المشى (قدم/دقيقة)
آسيا: الرياض	٢١٣	الولايات المتحدة: كولمبيا	٢٥٩
مدراس – الهند	٢٣٦	نيويورك	٢٦٥
تايلاند	٢٤٠	بتسبيرف	٢٨٩
سنغافورة	٢٤٣	انجلترا	٢٥٨
كولمبو – سريلانكا	٢٤٦	كلجارى-كندا	٢٧٦
التدفق المستمر	٢٥٨	التدفق المتقطع	٢٠٦

٤-٣-٤ نمذجة السرعة والمساحة المتاحة للشخص:

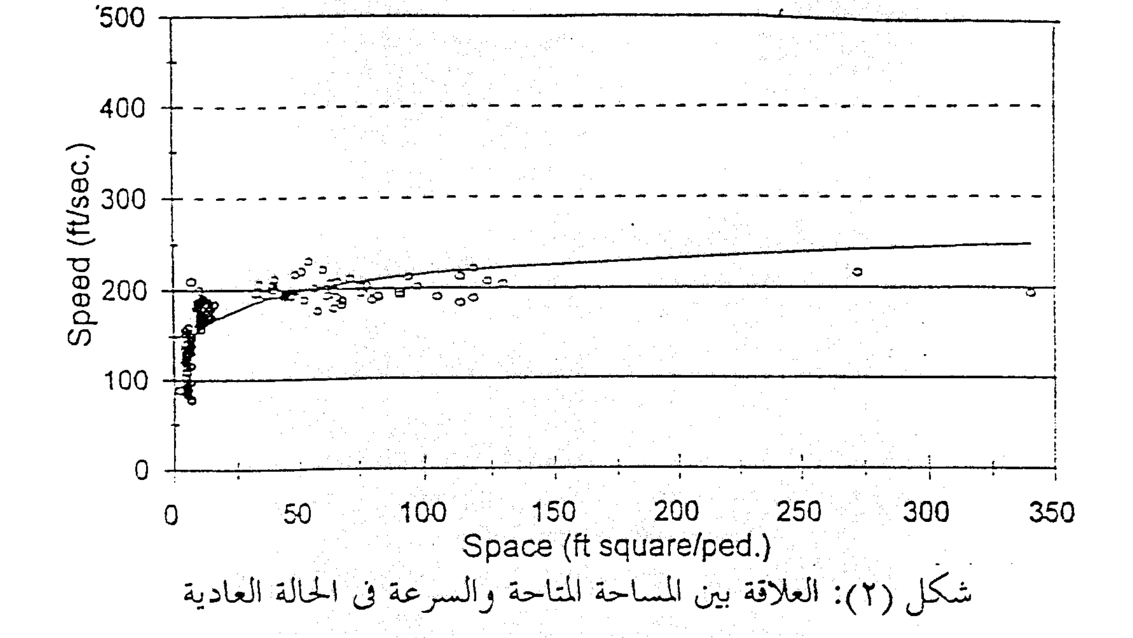
تظهر الأشكال أرقام (٢حتى ٤) العلاقة بين السرعة والمساحة المتاحة للشخص فى حالة السير العادية والهرولة ثم فى الحالتين معاً. ويظهر من الأشكال الثلاثة أنه كلما زادت المساحة المتاحة للشخص فإن السرعة تزيد. كما يظهر من الأشكال أنه عند نفس القيم للمساحة المتاحة للشخص فإن قيم السرعات المناظرة فى حالة الهرولة أعلى منه فى حالة الحركة العادية. كما يتضح من الأشكال مدى تأثر السرعة بالكثافة. فعلى سبيل المثال فإن الشكلين (٢،٣) يظهران أنه لمدى مساحة متاحة أقل من ٢٥ قدم مربع لكل شخص فإن السرعة تتأثر بدرجة كبيرة فى حالة المشى العادى أما فى حالة الهرولة فإن ذلك يحدث عند مساحة أقل من ٥٠ قدم مربع لكل شخص. ويظهر الجدول (٤-١٥) العلاقات الرياضية بين السرعة والمساحة المتاحة للشخص والذى يتبين منها أفضل هذه العلاقات حسب قيم R-square. ويلاحظ أن أفضل هذه العلاقات يعطى قيماً لR-square تبلغ ٠,٥٤ فى حالة موقع الحركة العادية ، ٠,٥٥ فى حالة الهرولة، ٠,٥٤ فى الحالتين معاً.

ويتضح من الجدول أن أفضل هذه العلاقات هى تلك التى تتبع الصيغة التالية:

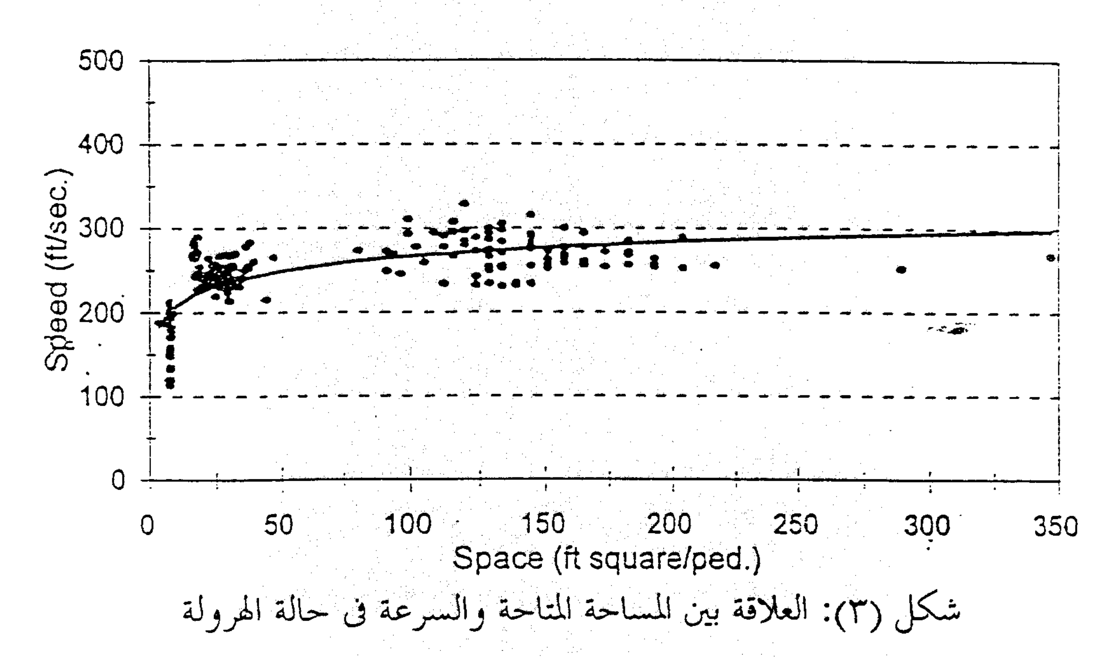
$$V=A+B \times Ln(S)$$

حيث:

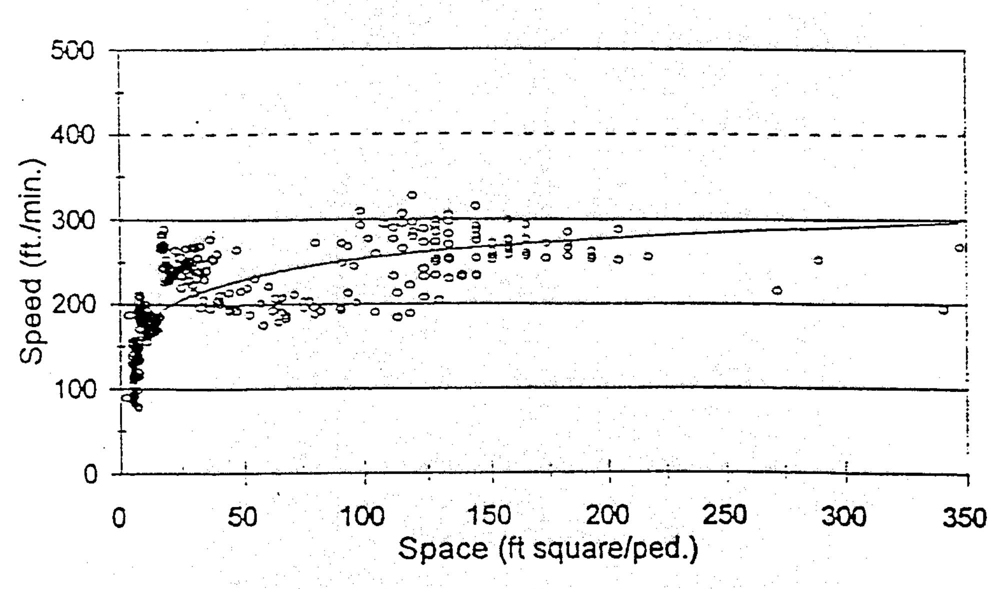
V = السرعة ، S = المساحة المتاحة للشخص



شكل (٢): العلاقة بين المساحة المتاحة والسرعة فى الحالة العادية



شكل (٣): العلاقة بين المساحة المتاحة والسرعة فى حالة الهرولة



شكل (٤): العلاقة بين المساحة المتاحة والسرعة فى الحالتين

جدول (٤-١٥) : العلاقات الرياضية بين السرعة والمساحة المتاحة للشخص.

الموقع	العلاقات الرياضية	A	B	R-square
موقع الحركة العادية	Ln V=A+BxLn(S)	4.6027	0.177	0.47
	V=A+B x Ln (S)	93.9476	26.65	0.54
	V=A+Bx (S)	155.48	0.4026	0.22
موقع الهرولة	Ln V=A+BxLn(S)	5.09	0.104	0.46
	V =A+B x Ln (S)	151	25.08	0.55
	V=A+Bx (S)	214.87	0.338	0.27
كلا الحالتين	Ln V=A+BxLn(S)	96.1	34.33	0.47
	V=A+B x Ln (S)	4.7	0.182	0.54
	V=A+Bx (S)	180.537	0.523	0.35

٤-٣-٥ نمذجة التدفق والمساحة المتاحة للشخص:

تظهر الأشكال أرقام (٥حتى ٧) العلاقة بين التدفق والمساحة المتاحة للشخص فى حالة السير العادية والهرولة ثم فى الحالتين معاً. ويظهر من الأشكال الثلاثة وجود علاقة مقلوبة بين معدل التدفق والمساحة المتاحة للشخص فى جميع الحالات. وهذا يتفق مع المعادلة الآتية:

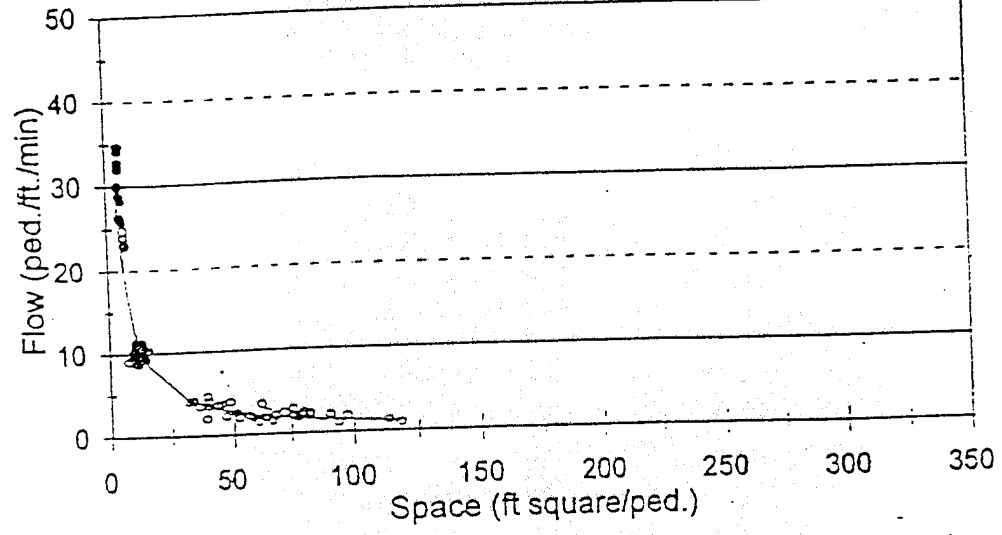
معدل التدفق = السرعة/المساحة.

كما يتبين من جدول (٤-١٦) أن المساحة لها معامل بالسالب وهذا من الطبيعى حيث إنه كلما زادت الكثافة زاد معدل التدفق. ويظهر من الجدول أيضاً أن الدالة اللوغاريتمية هى أفضل العلاقات الرياضية التى تربط بين معدل التدفق والمساحة وهى كالتالى:

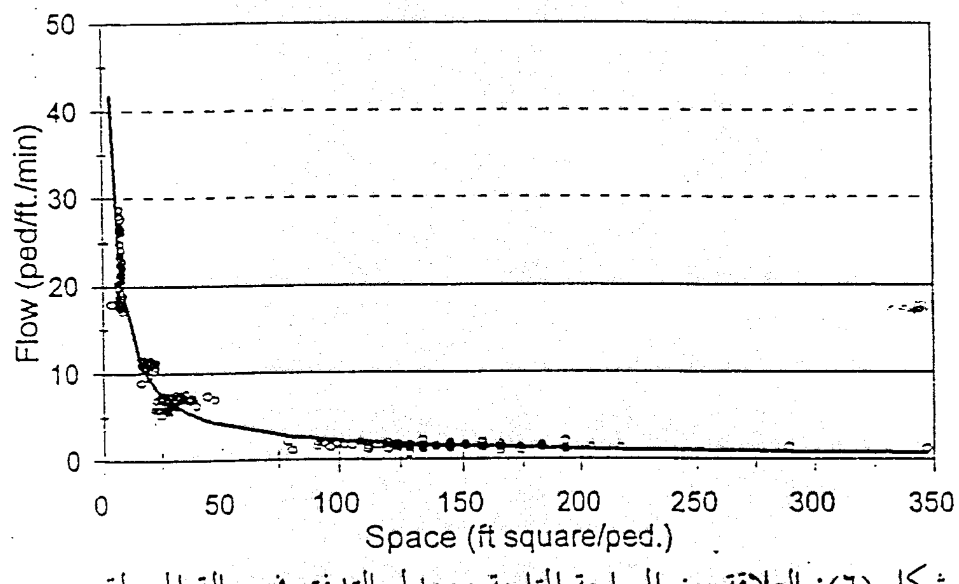
$$Ln(Q)=A+BLn(S)$$

حيث: Q= معدل التدفق

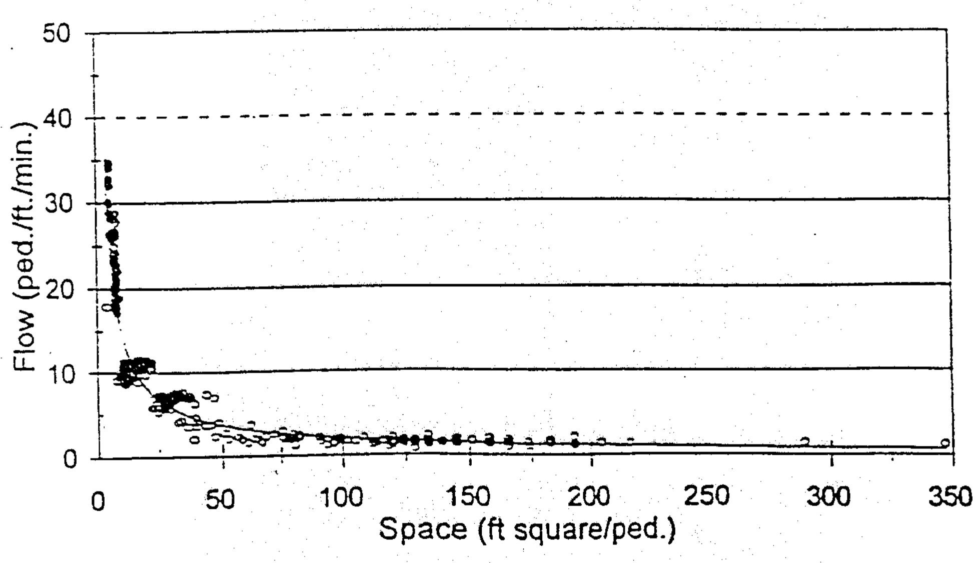
S= المساحة المتاحة



شكل (٥): العلاقة بين المساحة المتاحة ومعدل التدفق فى الحالة العادية



شكل (٦): العلاقة بين المساحة المتاحة ومعدل التدفق فى حالة الهرولة



شكل (٧): العلاقة بين المساحة المتاحة ومعدل التدفق فى الحالتين

جدول (٤-١٦) : العلاقات الرياضية بين معدل التدفق والمساحة المتاحة للشخص.

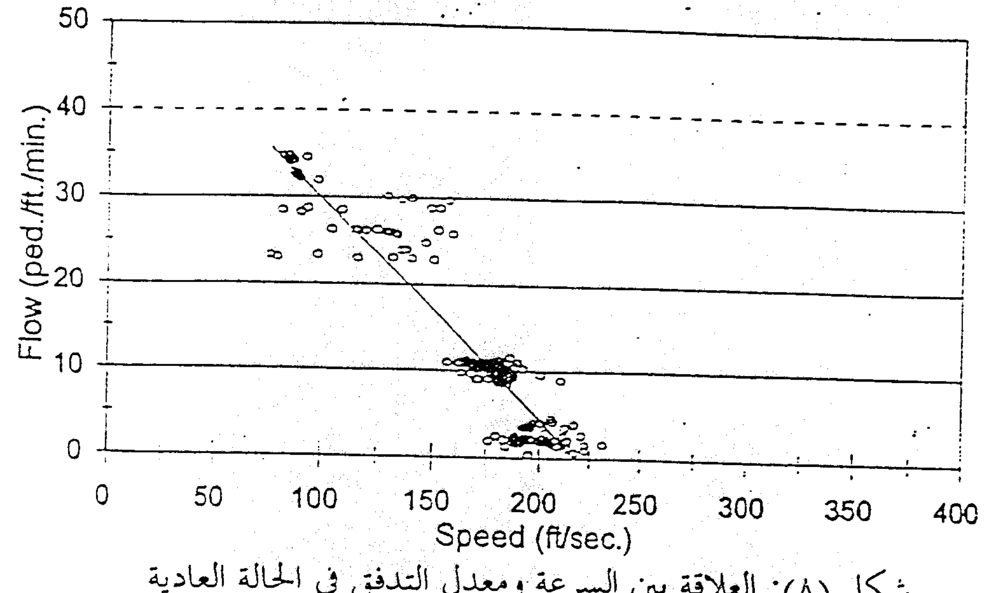
الموقع	العلاقات الرياضية	A	B	R-square
موقع الحركة العادية	Ln(Q)=A+BLn(S)	4.82	-0.966	0.95
	Q=A + BLn(S)	37.81	-9.214	0.71
	Q=A + Bx(S)	16.65	-0.12925	0.3
موقع الهرولة	Ln(Q)=A+BLn(S)	4.866	-0.883	0.96
	Q=A + BLn(S)	30.45	-0.852	0.85
	Q=A + Bx(S)	14.62	-0.086	0.57
كلا الحالتين	Ln(Q)=A+BLn(S)	4.669	- 0.857	0.94
	Q=A + BLn(S)	31.89	-6.6	0.745
	Q=A + Bx(S)	15.73	-0.10186	0.442

٤-٣-٦ نمذجة السرعة ومعدل التدفق:

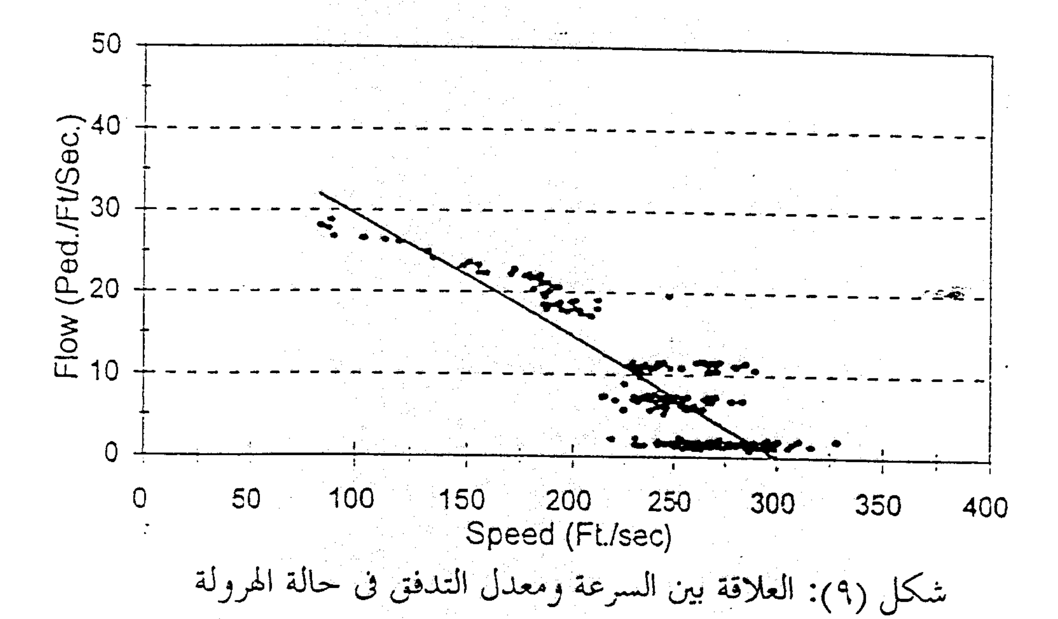
تظهر الأشكال أرقام (٨حتى ١٠) العلاقة بين السرعة ومعدل التدفق فى حالة السير العادية والهرولة ثم فى الحالتين معاً. وفى حالة السير العادية فإن السرعة تتراوح بين ٧٥ قدم/دقيقة إلى ٢٣٠ قدم/دقيقة وذلك لمدى تدفق من صفر إلى ٣٥ شخص/قدم/دقيقة. بينما تتراوح السرعة فى حالة الهرولة بين ٧٥ قدم/دقيقة إلى ٣٣٠ قدم/دقيقة وذلك لمدى تدفق من صفر إلى ٣٥ شخص/قدم/دقيقة. ويتبين من الأشكال وجود علاقة مقلوبة بين معدل التدفق والسرعة وهذ يتفق مع دليل سعة الطرق الأمريكى. والعلاقات الرياضية التى تربط بين معدل التدفق والسرعة تظهر فى جدول (٤-١٧). وكما يظهر من الجدول فإن أفضل علاقات تربط بين معدل التدفق والسرعة هى علاقات خطية بقيم ل R-square =٠,٨٦ ، ٠,٧٥ ، ٠,٦٧ للحركة العادية والهرولة والحالتين معاً.

جدول (٤-١٧) : العلاقات الرياضية بين السرعة ومعدل التدفق.

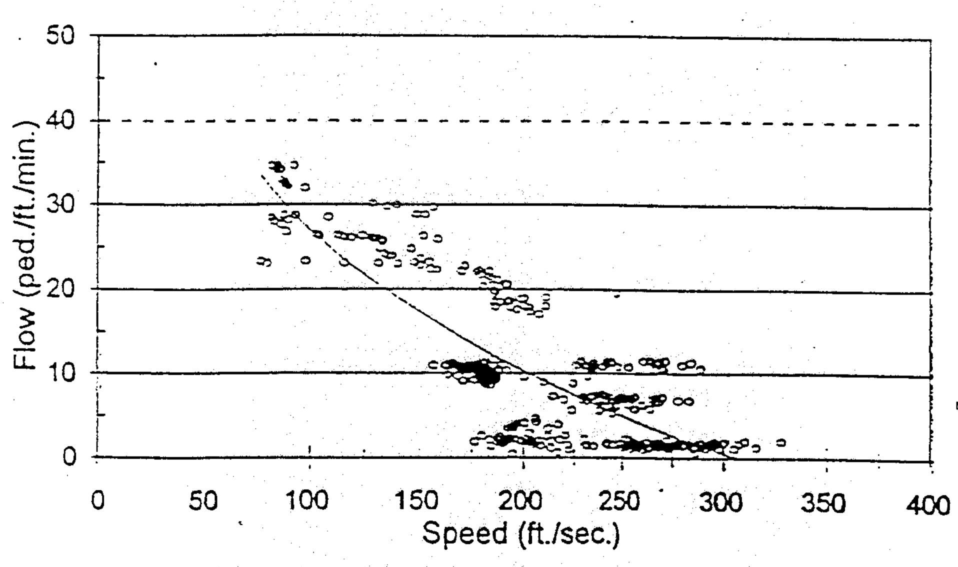
الموقع	العلاقات الرياضية	A	B	R-square
موقع الحركة العادية	Ln Q= A + Ln(V)	16.63	- 2.84	0.58
	Q=A-BxLn(V)	190.23	−34.84	0.82
	Q=A-B(V)	55.477	- 0.255	0.86
موقع الهرولة	Ln Q= A + Ln(V)	18.57	- 3.093	0.47
	Q=A-BxLn(V)	161.9	- 28.06	0.72
	Q=A-B(V)	44.36	- 0.148	0.75
كلا الحالتين	Ln Q= A + Ln(V)	14.519	- 2.383	0.48
	Q=A-BxLn(V)	139.32	- 24.32	0.67
	Q=A-B(V)	37.6	- 0.13	0.62



شكل (٨): العلاقة بين السرعة ومعدل التدفق فى الحالة العادية



شكل (٩): العلاقة بين السرعة ومعدل التدفق فى حالة الهرولة



شكل (١٠): العلاقة بين السرعة ومعدل التدفق فى الحالتين

٤-٤- تقدير الطاقة الاستيعابية:

٤-٤-١ التوزيعات الاحتمالية للأنشطة :

لاستخدام زمن الأنشطة في أنموذج محاكاة متصف بالخصائص الاحتمالية (Stochastic Behaviour) تم إجراء اختبار كا ٢ لجودة المطابقة (Chi-Square-Goodness-of-fit-test) علي توزيعات إحصائية معروفة مثل [١] :

١. توزيع طبيعي لوغاريتمي (Normal Distribution) .
٢. توزيع أسي (Exponential Distribution) .
٣. توزيع جاما (Gamma Distribution) .
٤. توزيع وايبل (Weibull Distribution) .
٥. إلي آخره من توزيعات محتملة .

والجدول رقم (٤-١٨) يوضح خلاصة نتائج هذه الاختبارات لأفضل توزيع مطابق للبيانات الخاصة بالكثافة المنخفضة ، وكذلك الجدول رقم (٤-١٩) للبيانات الخاصة بالكثافة المتوسطة ، وأيضاً الجدول رقم (٤-٢٠) للبيانات الخاصة بالكثافة العالية . ويتضح من هذه الجداول بأنه تم قبول مجموعة من أفضل توزيع احتمالي مفترض ورفض مجموعة أخرى وذلك بناءً علي مستوى دلالة (Significance level) ١٠ %.

جدول رقم (٤-١٨) : خلاصة نتائج اختبار (كا ^{٢}) لجودة المطابقة للبيانات الخاصة بالكثافة المنخفضة .

رقم	رمز النشاط	أفضل توزيع مطابق	قيمة (كا ^{٢})	درجة الحرية	مستوي الدلالة	نتيجة الاختبار	ملاحظات
١	١١٢	Log normal	٧,٨٢	١٠	٠,٦٤٦٦	نجاح	
٢	٢١٢	Log normal	٨,٩٠	٧	٠,٢٥٦٩	نجاح	
٣	٣١٢	Log normal	٣,٩٣	٧	٠,٧٨٧٨	نجاح	
٤	٤١٢	Log normal	١٤,٦٨	١٠	٠,١٤٤٢	نجاح	
٥	٥١٢	Log normal	٥,٩٣	٧	٠,٥٤٧٦	نجاح	
٦	٦١٢	Log normal	١١,١٧	٩	٠.٢٦٤٠	نجاح	
٧	٧١٢	Log normal	١٣,٦٨	٤	٠,٠٠٨٤	فشل	
٨	٨١٢	Erlong	١٢,٣١	٥	٠,٠٣٠٨	فشل	

جدول رقم (٤-١٩) : خلاصة نتائج اختبار (كا ^{٢}) لجودة المطابقة للبيانات الخاصة بالكثافة المتوسطة .

رقم	رمز النشاط	أفضل توزيع مطابق	قيمة (كا ^{٢})	درجة الحرية	مستوي الدلالة	نتيجة الاختبار	ملاحظات
١	١١٣	Log normal	٤,٦٨	٦	٠,٥٨٩٥	نجاح	
٢	٢١٣	Gamma	٢٥,٢١	٤	٥,١٤ × $١٠^{-٧}$	فشل	
٣	٣١٣	Log normal	٤,١٤	٣	٠,٢٤٦٦	نجاح	
٤	٤١٣	Normal	٢٥,٠١	٤	٥,٠ × $١٠^{-٥}$	فشل	
٥	٥١٣	Gamma	١١,٤٥	٩	٠,٢٤٥٨	نجاح	$\propto$ =٨,٦١٠٨٨ & β =١١,٧٢٤٤٧
٦	٦١٣	Gamma	٩,١٤	٩	٠,٢٤٢٨	نجاح	$\propto$ =٢٠,٢٢٠٨ & β =٨,٦٦٠١٨٣
٧	٧١٣	Log normal	١٣,٩٩	٥	٠,٠١٥٦	فشل	
٨	٨١٣	Gamma	٢١,٥٨	٦	٠,٠٠١٤	فشل	

جدول رقم (٤-٢٠) : خلاصة نتائج اختبار (كا ٢) لجودة المطابقة للبيانات الخاصة بالكثافة العالية

رقم	رمز النشاط	أفضل توزيع مطابق	قيمة (كا ٢)	درجة الحرية	مستوي الدلالة	نتيجة الاختبار	ملاحظات
١	١١١	Normal	٥,٤٢١٤	٣	٠,١٤٣٤	نجاح	
٢	٢١١	Log normal	٥,٠١٣٦	٤	٠,٢٨٥٩	نجاح	
٣	٣١١	Log normal	١,٧٩٥٨	٤	٠,٧٧٣٢	نجاح	
٤	٤١١	Gamma	٧,١١٤٢	٤	٠,١٣٠٠	نجاح	$\propto$=٢٦,٨٦٩٧ & β =٧,٦٧٠٦٥٣
٥	٥١١	Gamma	٥,٠٧٣٧	٣	٠,١٦٦٥	نجاح	$\propto$=١٣,٠٥١٢ & β =٨,٠٦٨٣٢
٦	٦١١	Log normal	٢,٠٤٨٣	٣	٠,٥٦٢٣	نجاح	
٧	٧١١	Log normal	٤,٨٤٨٤	٤	٠,٣٠٣٢	نجاح	
٨	٨١١	Gamma	٠,٨٨٨٤	٣	٠,٨٢٨٢	نجاح	$\propto$=٣٨,٢٦٣٤ & β =١,٥٠٢٧٢

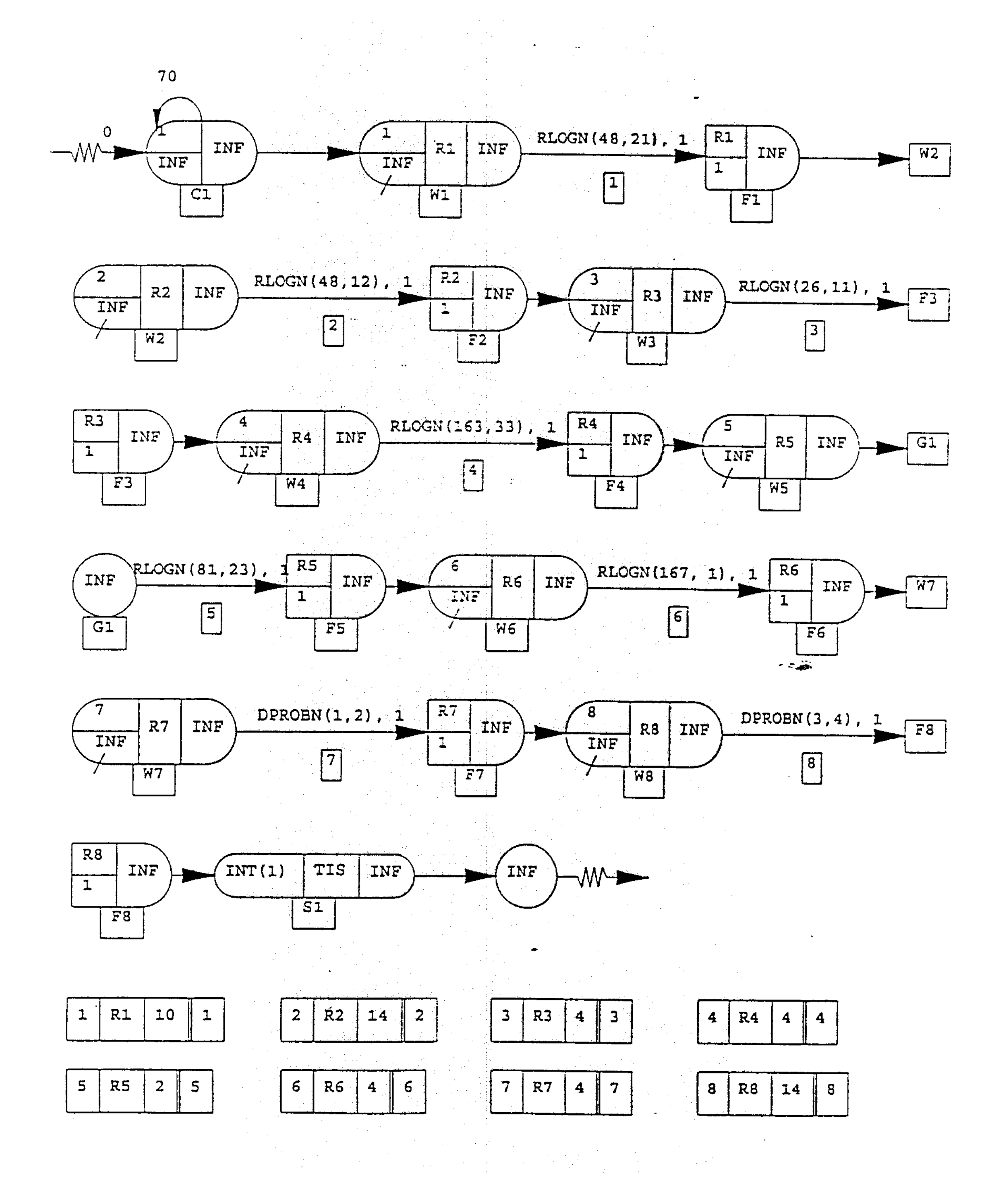
٤-٤-٢ بناء أنموذج المحاكاة :

تم استخدام لغة (سلام -٢ SLAM II) لبناء أنموذج المحاكاة (٢) وروعـــي في ذلك أن يعكس الأنموذج الواقع الفعلي للأنشطة .

٤-٤-٢-١ وصف الأنموذج :

الأنموذج كما هو موضح في الشكل رقم (١١) مكون من مجموعة عقـد (Nodes) وأنشطة (Activities) ، أن الجينة (Entity) المتحركة خلال هذه العقد تمثل الســاعين وهم يتحركون داخل منطقة السعي المجزءة إلي أنشطة (ثمانية أنشطة) . فبعــد أن تحــدث الجينة بعقدة الاحداث (Create node ci) تأخذ طريقها إلي الأنشطة الثمانية من خـلال عقد الانتظار الخاصة بها . ولقد تم استخدام عقد الموارد (Resource) لتمثل الأمــاكن المتاحة للساعين وقبل مغادرة الجينة الشبكة يتم تمريرها مــــن خـــلال عقـــدة إحصائيـــة (COLCT NODE) والذي يتم فيه حساب إحصائيات عن المدة التي يقضيها الســاعي في المسعى.

وروعي في تصميم الأنموذج أن إحصائيات التوزيعات المقترحة للأنشطة والـــتي تم قبولها في اختبار (كا ^{٢}) لجودة المطابقة بالجدول أرقــام (٤-١٨) ، (٤-١٩) ، (٤-٢٠) التوزيعات المقترحة للأنشطة والتي فشلت في الاختبار سيتم بدلا عنــــها اســتخدام توزيعات تراكمية خاصة عرفت في عبارات الضبط (Control Statement) بـالأنموذج البرمجي (Statement Model) المبين في الملحق رقم (١).



1	R1	10	1

2	R2	14	2

3	R3	4	3

4	R4	4	4

5	R5	2	5

6	R6	4	6

7	R7	4	7

8	R8	14	8

شكل رقم (١١) : الأنموذج الشبكي للمحاكاة.

٤-٤-٢-٢ تأكيد وإثبات صحة الأنموذج :

إن تأكيد وإثبات صحة الأنموذج (Model Validation & Verification) يعدان من الأمور الأساسية لبناء أنموذج محاكاة سليم . وللتوصل لذلك تم تعويض أرقام ثابتة (Deterministic values) لأزمنة الأنشطة حسب الأنموذج الشبكي المبين في ملحق رقم (٢) وتم تشغيل الأنموذج ، والجدول رقم (٤-٢١) يوضح خلاصة النتائج لهذا التشغيل. وللتأكد من النتائج الواردة في الجدول رقم (٤-٢١) تم الحصول علي نتائج لحظية (Trace Report) لهذا التشغيل كما في العينة المبينة في الملحق رقم (٣) وتم تحويل هذه النتائج إلي وصف ديناميكي لحركة الساعين بالقيم الثابتة كما هو مبين في الشكل رقم (١٢) ، ومن خلال هذا الشكل تم التوصل إلي الإحصائيات التالية:

١. عدد الجينات التي أكملت الشبكة = ٢ .
   متوسط الزمن للجينين = ٨ .
٢. متوسط زمن انتظار الجينات = صفر .
٣. إحصائيات الأنشطة (١/٢/٣/٤):

عدد الجينات التي أكملت هذه الأنشطة = ٦ (عدد المربعات في الشكل).

متوسط نسبة الاستفادة = عدد المربعات (المساحة) ÷ زمن المحاكاة

= ٦ ÷ ١٠ = ٠,٦

وبنفس الطريقة يمكن حساب إحصائيات الأنشطة الأخرى.

٤- مدى توفر المورد (للمورد رقم ١) = حجم المورد - نسبة الاستفادة.

=٦-٠,٦=٥,٤

وبنفس الطريقة يمكن حساب إحصائيات الموارد الأخرى.

جدول رقم (٤-٢١) : خلاصة النتائج لتشغيل الأنموذج بأرقام ثابتة .

S L A M   I I   S U M M A R Y   R E P O R T

SIMULATION PROJECT STOC SIM MASAA   BY DR. M. RADHWI

DATE 9/27/1415   RUN NUMBER 1 OF 1

CURRENT TIME .1000E+02
STATISTICAL ARRAYS CLEARED AT TIME .0000E+00

STATISTICS FOR VARIABLES BASED ON OBSERVATION

	MEAN VALUE	STANDARD DEVIATION	COEFF. OF VARIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	NO.OF OBS
TIS	.800E+01	.000E+00	.000E+00	.800E+01	.800E+01	2

FILE STATISTICS

FILE NUMBER	LABEL/TYPE		AVERAGE LENGTH	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM LENGTH	CURRENT LENGTH	AVERAGE WAIT TIME
1	W1	AWAIT	.000	.000	1	0	.000
2	W2	AWAIT	.000	.000	1	0	.000
3	W3	AWAIT	.000	.000	1	0	.000
4	W4	AWAIT	.000	.000	1	0	.000
5	W5	AWAIT	.000	.000	1	0	.000
6	W6	AWAIT	.000	.000	1	0	.000
7	W7	AWAIT	.000	.000	1	0	.000
8	W8	AWAIT	.000	.000	1	0	.000
9		CALENDAR	4.400	1.744	6	4	.243

REGULAR ACTIVITY STATISTICS

ACTIVITY INDEX/LABEL	AVERAGE UTILIZATION	STANDARD DEVIATION	MAXIMUM UTIL	CURRENT UTIL	ENTITY COUNT
1	.6000	.4899	2	0	6
2	.6000	.4899	2	0	6
3	.6000	.4899	2	0	6
4	.6000	.4899	2	0	6
5	.5000	.5000	2	1	5
6	.4000	.4899	2	1	4
7	.3000	.4583	2	1	3
8	.2000	.4000	2	1	2

Activity	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
٨								١	٢	٣
٧							١	٢	٣	٤
٦						١	٢	٣	٤	٥
٥					١	٢	٣	٤	٥	٦
٤				١	٢	٣	٤	٥	٦	
٣			١	٢	٣	٤	٥	٦		
٢		١	٢	٣	٤	٥	٦			
١	١	٢	٣	٤	٥	٦				

Simulated Time

الساعى رقم (١) فى الدقيقة الثالثة فى النشاط الثالث

شكل رقم (١٢) : وصف ديناميكي لحركة الساعين لتشغيل الأنموذج بأرقام ثابتة .

وبمقارنة الإحصائيات التي تم حسابها من الشكل رقم (١٢) مع ملخص النتائج للتشغيل بالقيم الثابتة الواردة في الجدول رقم (٤-٢١) يتضح بأن النتائج متطابقة تماماً في الحالتين.

٤-٤-٣ إجراء التجارب على الأنموذج :

لقد روعي في إجراء التجارب على الأنموذج ما يلي :

١- إجراء ثلاثة مجموعات من التجارب وفق الآتي :
  - المجموعة الأولى تمثل الكثافة المنخفضة .
  - المجموعة الثانية تمثل الكثافة المتوسطة .
  - المجموعة الثالثة تمثل الكثافة العالية .

٢- تحديد المساحة المتاحة للساعين في عقد الموارد (RESOURCE) للكثافات المختلفة حسب مواصفات الكثافة المتاحة للساعين (٤) وفق التالي :
  - الكثافة المنخفضة : مواصفة الكثافة (A) .
  - الكثافة المتوسطة : مواصفة الكثافة (C) .
  - الكثافة العالية : مواصفة الكثافة (E) .

٣- حيث اتضح ميدانياً أن نسبة حركة الساعين في بعض الأنشطة (٤ / ٥ / ٦) تقل وفق درجة الكثافة لذا اقترح تعديل مواصفات الكثافة في هذه الأنشطة كالتالي:
  - مواصفة الكثافة (A) : نسبة حركة الساعين ١٠٠ % .
  - مواصفة الكثافة (C) : نسبة حركة الساعين ٥٠ % .
  - مواصفة الكثافة (E) : نسبة حركة الساعين ١٠ % .

٤- أن تكون مدة تشغيل الأنموذج في كل تجربة (٤٨٨٠٠) ثانية مع إلغاء إحصائيات أول (٢٠٠٠٠) ثانية لتكون صافي الإحصائيات عن (٢٨٨٠٠)

ثانية الممثلة لثمانية ساعات متوالية ، وذلك للحصـــول علـــي نتـــائج في حالـــة الاستقرار (Steady State Conditions)

والجدول رقم (٤-٢٢) يوضح العدد المتوقع للساعين في كل نشاط (منطقـــة) وفق مواصفات الكثافة والمساحة المتاحة بالمتر المربع لكل منطقة ونسبة الحركة بها. ولقـــد تم استخدام الأعداد المتوقعة كأماكن متاحة للساعين في عقـــــد المـــوارد (Resource) بالأنموذج. وتم قسمة هذه الأعداد علي أرقام ثابتة قبل استخدامها في الأنموذج لتفـــادى محدوديتها من الناحية الفنية .

وبناء علي ما ذكر ، فقد تم تشغيل الأنموذج وإجراء التجارب عليـــــه في حالـــة الكثافة المنخفضة حسب الأنموذج الشبكي المبين في الشكل رقم (١١) وذلك بإســـتخدام البيانات الخاصة بهذه الحالة والمبينة في الجدول رقم (٤-١٨) . والجدول رقـــم (٤-٢٣) يوضح خلاصة نتائج التجارب علي الأنموذج ، وتم استخدام هذه النتائج للحصول علـــى منحني أداء النظام (System Performance Curve) المبين في الشكل رقم (١٣).

ويتضح من الجدول رقم (٤-٢٣) والشكل رقم (١٣) ما يلي :

١. ينخفض عدد الساعين (حسابيا) مع زيادة زمن فيما بين الأحداث .
٢. يثبت عدد الساعين (محاكاة) في مستوي معين مع زيادة زمن فيما بـــين الأحداث وحتى فترة معينة وبعد ذلك يبدأ في الانخفاض .
٣. توجد هناك نقطة التقاء للمنحنيات واضحة بجلاء في الشكل رقم (١٣) .
٤. السبب في عدم التقاء المنحنيات قبل هذه النقطة يعود إلي ازدحام النظـــام بالساعين .

وبناء على ما ذكر ، فإن:

الطاقة الاستيعابية المثلى فى حالة الكثافة المنخفضة = ٦٨٨٠ ÷ ٨ساعات

= ٨٦٠ شخص/ساعة.

وبنفس الطريقة تم إجراء التجارب علي الأنموذج في حالة الكثافة المتوسطة وذلك بإستخدام البيانات التي تخص هذه الحالة). والجدول رقم (٤-٢٤) يوضح خلاصة نتائج هذه التجارب وباستخدام هذه النتائج تم الحصول على منحنى أداء النظام لهذه الحالة حسب المبين في الشكل رقم (١٤) ، ومنها تم استخلاص الطاقة الاستيعابية المثلى للساعين فى حالة الكثافة التوسطة المتمثل في :

الطاقة الاستيعابية المثلى للساعين فى حالة الكثافة التوسطة = ٨٠٢٠٠ ÷ ٨ ساعات = ١٠٠٠٠ شخص/ساعة.

وكذلك تم تشغيل الأنموذج وإجراء التجارب عليه في حالة الكثافة العالية . والجدول رقم (٤-٢٣) يوضح خلاصة نتائج التجارب في هذه الحالة وباستخدام هذه النتائج تم الحصول علي منحني أداء النظام لحالة الكثافة العالية المبين في الشكل رقم (١٥) ، وتم استخلاص الطاقة الاستيعابية المثلى للساعين في هذه الحالة والمتمثل في:

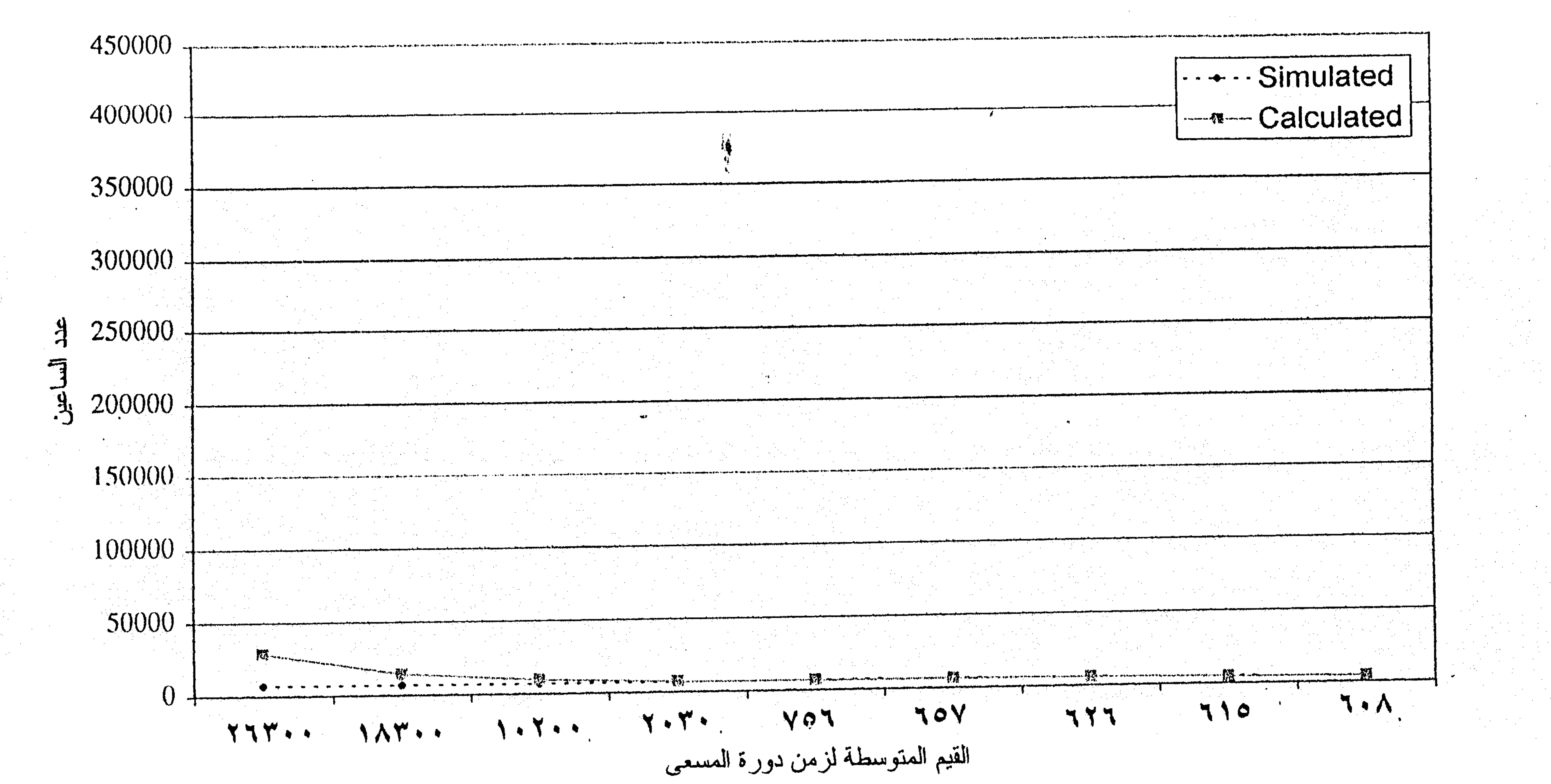
الطاقة الاستيعابية المثلىللساعين فى حالة الكثافة العالية= ٢٠٩٠٠÷ ٨ ساعات =٤٠٠٠٠ شخص/ساعة.

جدول رقم (٤-٢٢) : العدد المتوقع للساعين في كل نشاط (منطقة) وفق مواصفات الكثافة والمساحة المتاحة لكل منطقة ونسبة الحركة بها .

رقم النشاط (المنطقة)	المساحة (م ^{٢})	نسبة الحركة	العدد المتوقع وفق مواصفة الكثافة			ملاحظات
			A	C	E	
١	١١٨٧,٢	١٠٠ %	٩٩	٥٤٠	١٩٧٩	
٢	١٦٥٥,٢	١٠٠ %	١٣٨	٧٥٢	٢٧٥٩	
٣	٤٠٤	١٠٠ %	٣٤	١٨٤	٦٧٣	
٤	٤٧٦	١٠٠ %	٤٠	--	--	
		٥٠ %	--	٤٧٦	--	
		١٠ %	--	--	٢٣٣٢	
٥	٢٤٨	١٠٠ %	٢١	--	--	
		٥٠ %	--	٢٤٨	--	
		١٠ %	--	--	١٢١٥	
٦	٤٧٦	١٠٠ %	٤٠	--	--	
		٥٠ %	--	٤٧٦	--	
		١٠ %	--	--	٢٣٣٢	
٧	٤٠٤	١٠٠ %	٣٤	١٨٤	٦٧٣	
٨	١٦٥٥,٢	١٠٠ %	١٣٨	٧٥٢	٢٧٥٩	

جدول رقم (٤-٢٣) خلاصة نتائج التجارب علي الأنموذج في حالة الكثافة المنخفضة

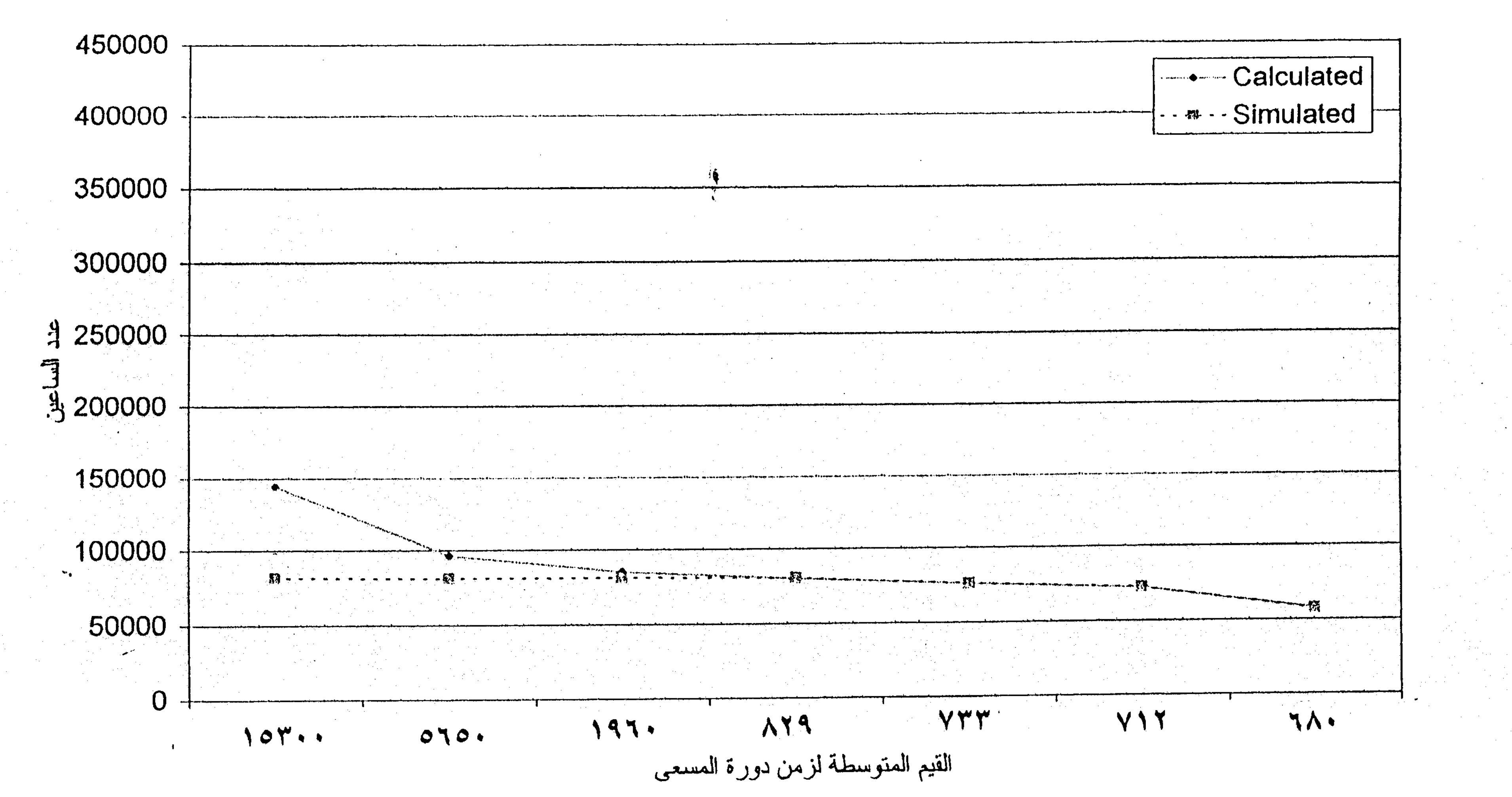
كثافة			زمن فيما بين	عدد الساعين		متوسط
فعلية	مواصفة	قسمة	الأحداث (ثانية)	حسابيا	محاكاة	الزمن
منخفضة	A	١٠	١٠	٢٨٨٠	٦٩٧	٢٦٣٠٠
منخفضة	A	١٠	٢٠	١٤٤٠	٦٨٣	١٨٣٠٠
منخفضة	A	١٠	٣٠	٩٦٠	٦٨٥	١٠٢٠٠
منخفضة	A	١٠	٤٠	٧٢٠	٦٨٧	٢٠٣٠
منخفضة	A	١٠	٤٢	٦٨٦	٦٨٨	٧٥٦
منخفضة	A	١٠	٤٥	٦٤٠	٦٤٢	٦٥٧
منخفضة	A	١٠	٥٠	٥٧٦	٥٧٦	٦٢٦
منخفضة	A	١٠	٦٠	٤٨٠	٤٨١	٦١٥
منخفضة	A	١٠	٧٠	٤١١	٤١٠	٦٠٨



شكل رقم (١٣): منحنى أداء النظام فى حالة الكثافة المنخفضة

جدول رقم (٤-٢٤) خلاصة نتائج التجارب علي الأنموذج في حالة الكثافة المتوسطة .

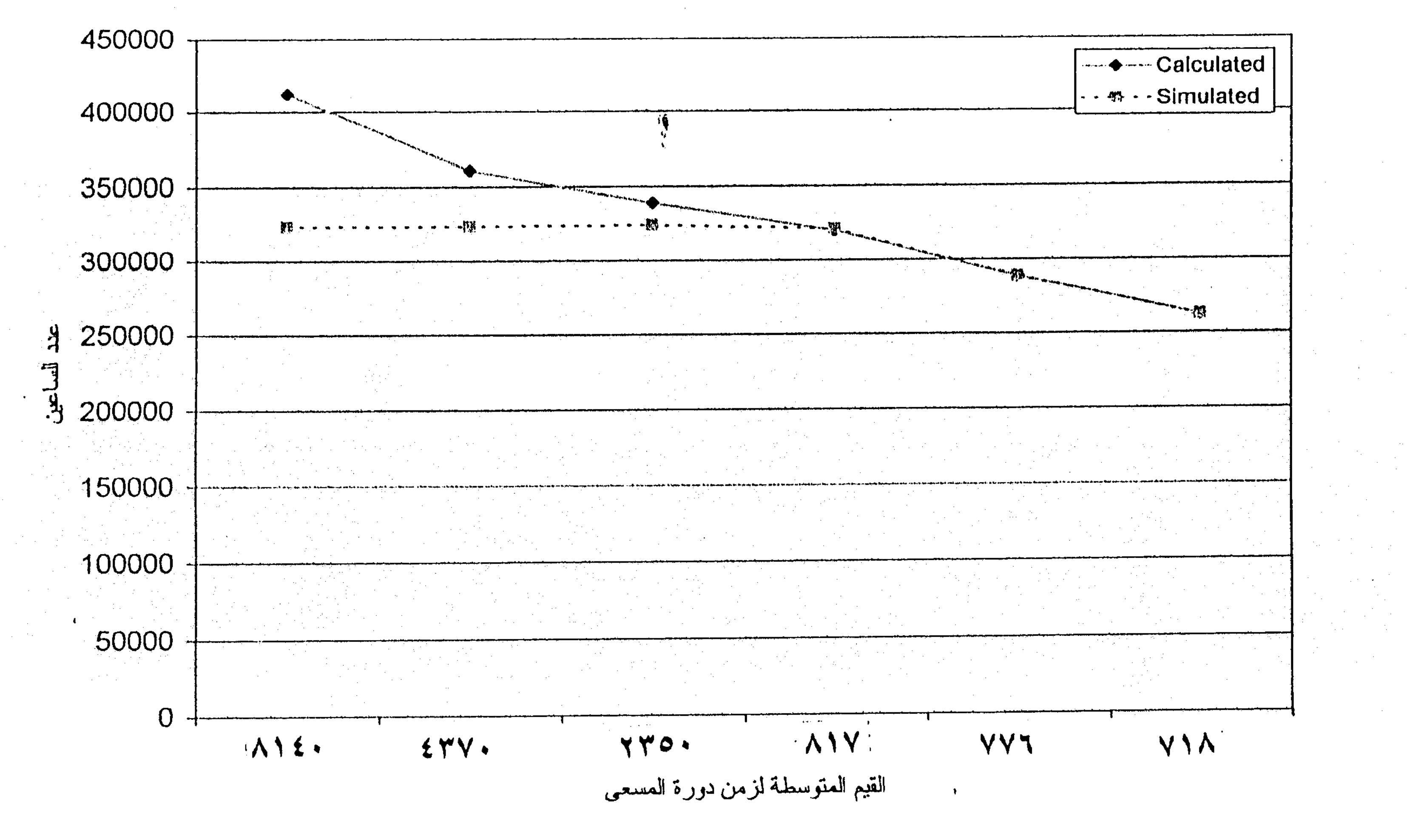
كثافة			زمن فيما بين الأحداث (ثانية)	عدد الساعين		متوسط الزمن
فعلية	مواصفة	قسمة		حسابيا	محاكاة	
متوسطة	C	١٠٠	٢٠	١٤٤٠	٨١٤	١٥٣٠٠
متوسطة	C	١٠٠	٣٠	٩٦٠	٨١١	٥٦٥٠
متوسطة	C	١٠٠	٣٤	٨٤٧	٨٠٨	١٩٦٠
متوسطة	C	١٠٠	٣٦	٨٠٠	٨٠٢	٨٢٩
متوسطة	C	١٠٠	٣٨	٧٥٨	٧٥٩	٧٣٣
متوسطة	C	١٠٠	٤٠	٧٢٠	٧٢٢	٧١٢
متوسطة	C	١٠٠	٥٠	٥٧٦	٥٧٥	٦٨٠



شكل رقم (١٤): منحنى أداء النظام فى حالة الكثافة المتوسطة

جدول رقم (٤-٢٥) خلاصة نتائج التجارب علي الأنموذج في حالة الكثافة العالية

كثافة			زمن فيما بين الأحداث (ثانية)	عدد الساعين		متوسط الزمن
فعلية	مواصفة	قسمة		حسابيا	محاكاة	
عالية	E	١٠٠	٧	٤١١٤	٣٢٣٠	٨١٤٠
عالية	E	١٠٠	٨	٣٦٠٠	٣٢٣٠	٤٣٧٠
عالية	E	١٠٠	٨,٥	٣٣٨٨	٣٢٤٠	٢٣٥٠
عالية	E	١٠٠	٩	٣٢٠٠	٣٢٠٩	٨١٧
عالية	E	١٠٠	١٠	٢٨٨٠	٢٨٨٠	٧٨١
عالية	E	١٠٠	١١	٢٦١٨	٢٦٢٠	٧٧٦



شكل رقم (١٥): منحنى أداء النظام فى حالة الكثافة العالية

٥- النتائج

أدت التحليلات السابقة إلى استخلاص النتائج التالية:

٥-١ خصائص الساعين :

٥-١-١ توزيع الساعين حسب إقامتهم:

أ- يلاحظ أن نسبة من يستخدمون الطابق الأرضى من الساعين بصفة عامة تصل إلى ٨٢,٨% بينما تصل نسبة من يستخدمون الطابق العلوى إلى ١٧,٢% فقط.

ب - اتضح أن أعلي نسبة للساعين في الطابق الأرضي هى لهؤلاء القادمين من خارج المملكة حيث تصل نسبتهم إلي ٨٨,٨ % يليها المقيمون حيث تصل نسبتهم إلي ٨٢,٣ % بينما تصل نسبة السعوديين إلي ٦٧,٤ %. وهذا يمكن تبريره بأن السعوديين والمقيمين على دراية أكثر من القادمين من خارج المملكة بطوابق المسعى. وبالنسبة للساعين على السطح فقد اتضح أن نسبتهم قليلة جداً مما أدي إلي استبعادها..

٥-١-٢ توزيع الساعين حسب الأعمار :

اتضح من التحليلات مايلى:

أ- بالنسبة للطابق الأرضي فإن نسبة الساعين الذين يسعون فى الطابق العلوى تزيد بالنسبة لفئتى الأعمار أقل من ٢٠ عاماً ، من ٢١-٤٠ عاماً عنه بالنسبة للطابق الأرضى حيث تبلغ ٦,٢% ، ٦٨,١% على التوالى فى حين تبلغ فى حالة الطابق الأرضى ٣,٨% ، ٦٠,٤% لنفس فئتى الأعمار.

ب- تبين أيضاً إنخفاض نسبة الساعين في الطابق العلوي لمن تتجاوز أعمارهم ٦٠ عاماً حيث تصل إلي ٢,٧ % فقط مقارنة بنحو ٦,٤ % بالنسبة للطابق الأرضي.

٥-١-٣ المستوي التعليمي :

بالنسبة للمستوى التعليمى فقد اتضح مايلى:

أ- ارتفاع المستوي التعليمي حيث تصل نسبة الأمية إلي ١٠,٦ % فقط.

ب- ظهر اتجاه المثقفين إلي استخدام الطابق العلوي واضحاً حيث يلاحظ أن نسبة الساعين ذات المستوي الجامعي تصل إلي ٤٩,١ % في الطابق العلوي بينما تصل نسبتهم في الطابق الأرضي إلي ٣٥ % فقط. كما يلاحظ من الجدول اتجاه الأميين إلى الطابق الأرضى أكثر من الطابق العلوى ويمكن تبرير ذلك بأن نسبة عالية منهم لاتعرف أن هناك طابقا علوياً للمسعى.

٥-٢توزيع الساعين على طوابق المسعى:

أ- تبين أن هناك إقبالاً ملحوظا على استخدام الطابق الأرضى حيث تصل نسبة من يستخدمونه إلى ٨٢,٨% وتعتبر هذه النسبة عالية إذا ماقورنت بالطابق العلوى الذى يبلغ نسبة الساعين به ١٧,٢% فقط.

ب- اتضح أن هناك نسبة ٣٣,٦% من الساعين تستخدم الطابق الأرضى لسهولة الوصول إليه. وتعتبر هذه النسبة هى الأعلى يليها نسبة من يستخدمونه بسبب الاعتقاد الدينى (٢٧%). ويتضح من الجدول أيضا أن هناك نسبة ١٢% ، ٣,٨% تستخدم الطابق الأرضى لعدم المعرفة بأن هناك طابق أرضى ولعدم المعرفة بكيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى.

ج- من ناحية أسباب تفضيل استخدام الطابق الأرضى بالنسبة للأميين وغير الأميين فقد اتضح أن نسبة الأميين الذين اختاروا الطابق الأرضى تصل إلى ٩٠% بينما تصل هذه النسبة فى حالة غير الأميين إلى ٨٢% مما يبين أن هناك أسباباً معينة تجذب الأميين إلى الطابق الأرضى. وبدراسة هذه الأسباب يتبين أن إقبال الأميين على استخدام الطابق الأرضى أكثر من غير الأميين يرجع لارتفاع نسبة الأميين الذين لايعرفون بأن هناك طوابق أخرى حيث تصل نسبتهم إلى ١٩,٤% بينما تصل هذه النسبة فى حالة غير الأميين إلى ١١,١% فقط. كما أن عدم معرفة الأميين بكيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى تظهر كسبب لعدم إقبالهم على استخدام تلك الطوابق بالمسعى حيث تصل نسبة الأميين الذين لايعرفون كيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى فى حالة الأميين أكثر من ضعف تلك النسبة فى حالة غير الأميين.

د - بالنسبة لمستخدمى المسعى حسب الجنسية فيتضح أن نسبة من فضلوا استخدام الطابق الأرضى من المواطنين السعوديين والمقيمين لعدم معرفتهم بأن هناك طوابق أخرى تصل إلى ٤,٩%، ٣,٢% فقط على التوالى بينما تزيد هذه النسبة فى حالة القادمين من خارج المملكة إلى ١٧,٦% وذلك يرجع لعدم معرفتهم الكافية مسبقاً بالحرم. كما أن عدم المعرفة بكيفية الوصول إلى الطوابق الأخرى تزيد فى حالة القادمين من خارج المملكة حيث تصل نسبتهم إلى ٣,٨% مقارنة بنحو ٢%، ١,٣% فى حالة المواطنين السعوديين والمقيمين. كما يلاحظ أن الاعتقاد الدينى يعتبر ذات تأثير حيث تصل نسبة المقيمين والقادمين من خارج المملكة المستخدمين للطابق الأرضى نحو ٢٩%، ٢٨,٧% على الترتيب بينما تصل هذه النسبة إلى ١٩,٦% فقط فى حالة المواطنين السعوديين.

هـ - بالنسبة لهؤلاء الذين لم يستخدموا الطابق العلوى فقد اتضح أن هناك نسبة ١٦,٨% من الساعين بالطابق الأرضى لاتعرف أن هناك طابقاً علوياً. كما أن هناك نسبة ٢٦% لاتستخدم الطابق العلوى لصعوبة الوصول إليه. كما تصل نسبة من لم يستخدموا الطابق العلوى بسبب سهولة الحركة بالطابق الأرضى إلى ٣٤%.

و - بالنسبة للطابق السطحى فقد اتضح أن الأسباب الرئيسية فى عدم استخدامه تكمن فى عدم المعرفة بأن هناك طواف على السطح وصعوبة الوصول إلى السطح.

ز- بالنسبة لأسباب تفضيل الطابق العلوى فقد اتضح أن السبب الرئيسى فى استخدام الطابق العلوى يرجع إلى أنه أقل ازدحاماً من الطابق الأرضى حيث تبلغ نسبة من يستخدمونه لهذا السبب ٨٥%. أما الأسباب الأخرى وإن كانت ليست عالية إلا أنها تشير إلى أن هناك بعض الساعين يفضلون الطابق العلوى لوجود عربات مجانية أو وجود انشراح نفسى.

ح- بالنسبة لأسباب عدم استخدام الطابق الأرضى فيتضح أن السبب الرئيسى فى عدم استخدامه يرجع إلى كثرة الزحام به حيث تبلغ نسبة من فضلوا عدم

استخدامه لهذا السبب ٨٧,٢%. كما يظهر أن هناك نسبة ٧% لم يستخدموا الطابق الأرضى لعدم توفر عربات مجانية.

ط- بالنسبة لأسباب عدم استخدام الطابق السطحى بالنسبة للساعين فى الطابق العلوى فقد اتضح أن الأسباب الرئيسية فى عدم استخدام الطابق السطحى تكمن فى عدم المعرفة بأن هناك طواف على السطح وصعوبة الوصول إليه.

ى- بالنسبة لزمن السعى حسب العمر فقد تبين أن نسبة من يسعون فى زمن أكثر من ساعة فى الطابق الأرضى (٢٧,٢%) أعلى منه فى الطابق العلوى (١٧,٥%) مما يتبين منه أن الحركة فى الطابق العلوى أفضل منها فى الطابق الأرضى.

ك- توضح التحليلات أن هناك نسبة ٣٢,٥% من الساعين يلاقون صعوبات فى السعى وبدراسة هذه الصعوبات فى كل من الطابقين الأرضى والعلوى فقد تبين أن نسبة عالية من الساعين فى الطابق الأرضى تواجه صعوبات بسبب الازدحام حيث تصل هذه النسبة إلى ٧٥,٨% وتقل هذه النسبة فى الطابق العلوى حيث تبلغ ٥١,٥% فقط. وقد ظهر نوع من الصعوبات فى الطابق الأرضى ليس موجوداً فى الطابق العلوى وهو تداخل الساعين مع المشاة من غير الساعين الداخلين إلى الحرم من أبواب الحرم المطلة على المسعى. كما أن عدم توفير عربات مجانية أو للإيجار بكثرة فى الطابق العلوى قد ظهر فى الطابق العلوى.

٥-٢ خصائص حركة الساعين :

بدراسة خصائص حركة الساعين فقد تبين مايلى:

أ- **بمقارنة الحركة فى موقعى الحركة العادية والهرولة** (منطقة الضوء الأخضر) فقد اتضح أن الكثافة تبدو منخفضة فى حالة الموقع ذات الهرولة عنه فى حالة الموقع ذات الحركة العادية. وقد أثر ذلك على معدل التدفق حيث تبين أن معدل التدفق قد نقص فى حالة الموقع ذات الهرولة نتيجة نقصان الكثافة. كما وصلت السرعة فى حالة الهرولة أكثر من ٤٠% عنه فى حالة الحركة العادية (من ١٦٧ إلى ٢٣٩,٣ قدم/ثانية).

ب- بمقارنة نتائج التدفق المتقطع والمستمر فإنه يتضح مايلى:

١- أن متوسط تدفق الساعين فى حالة التدفق المستمر يصل إلى أكثر من ١٠ مرات عنه فى حالة التدفق المتقطع.

٢- فى حالة الازدحام فإن متوسط الكثافة فى حالة التدفق المتقطع أعلى منه فى حالة التدفق المستمر. ويؤثر ذلك بالطبع على السرعة ويؤدى إلى انخفاضها فى حالة التدفق المتقطع.وعلى الرغم من أن البيانات فى الموقعين تعتبر بيانات مجتمع واحد إلا أن القيم مختلفة تماماً. ويرجع ذلك إلى أن الموقع ذات الهرولة يعتبر ذات كثافة منخفضة عن الموقع ذات الحركة العادية. ولهذا فقد تم نمذجة الخصائص رياضياً لكل موقع على حدة وكذلك لكلا الموقعين.

جـ - بمقارنة خصائص الحركة مع أماكن أخرى بالعالم فإنه يظهر مايلى:

١- أن أقل متوسط سرعة مشى تحدث فى المسعى حيث تصل إلى ٢٠٦ قدم/دقيقة فقط بينما تحدث أعلى سرعة فى بتسبيرف.

٢- أن متوسط السرعة فى حالة التدفق المستمر يقع بين قيم متوسطات السرعات فى مختلف المدن حيث تصل قيمته إلى ٢٥٨ قدم/دقيقة. وأن متوسط السرعة فى حالة التدفق المتقطع (أى فى حالة المسعى) تصل إلى ٢٠٦ قدم/دقيقة فقط وتعتبر هذه أقل من جميع قيم متوسطات بالمقارنة بمدن أخرى فى العالم.

د- بالنسبة لنمذجة السرعة والمساحة المتاحة للشخص فإنه يتضح مايلى:

١- بالنسبة للعلاقة بين السرعة والمساحة المتاحة للشخص فى حالة السير العادية والهرولة ثم فى الحالتين معاً فقد اتضح تأثر السرعة بالكثافة. فعلى سبيل المثال اتضح أنه لمدى مساحة متاحة أقل من ٢٥ قدم مربع لكل شخص فإن السرعة تتأثر بدرجة كبيرة فى حالة المشى العادى أما فى حالة الهرولة فإن ذلك يحدث عند مساحة أقل من ٥٠ قدم مربع لكل شخص.

٢- اتضح أن أفضل العلاقات الرياضية بين السرعة والمساحة المتاحة للشخص هي تلك التي تتبع الصيغة التالية:

$$V=A+B \times Ln(S)$$

حيث: V = السرعة ، S = للمساحة المتاحة للشخص

هـ- بالنسبة لنمذجة التدفق والمساحة المتاحة للشخص فإنه يتبين مايلي:

١- اتضح وجود علاقة مقلوبة بين معدل التدفق والمساحة المتاحة للشخص في جميع الحالات كما تبين أن المساحة لها معامل بالسالب وهذا من الطبيعي حيث إنه كلما زادت الكثافة زاد معدل التدفق.

٢- ظهر أن الدالة اللوغاريتمية هي أفضل العلاقات الرياضية التي تربط بين معدل التدفق والمساحة وهي كالتالي:

$$Ln(Q)=A+BLn(S)$$

حيث: Q= معدل التدفق ، S= المساحة المتاحة

و- بالنسبة لنمذجة السرعة ومعدل التدفق فقد تبين مايلي:

١- في حالة السير العادية فإن السرعة تتراوح بين ٧٥ قدم/دقيقة إلى ٢٣٠ قدم/دقيقة وذلك لمدى تدفق من صفر إلى ٣٥ شخص/قدم/دقيقة. بينما تتراوح السرعة في حالة الهرولة بين ٧٥ قدم/دقيقة إلى ٣٣٠ قدم/دقيقة وذلك لمدى تدفق من صفر إلى ٣٥ شخص/قدم/دقيقة.

٢- تبين وجود علاقة مقلوبة بين معدل التدفق والسرعة وهذ يتفق مع دليل سعة الطرق الأمريكي. كما اتضح أن أفضل علاقات تربط بين معدل التدفق والسرعة هي علاقات خطية بقيم ل R-square =٠,٨٦ ، ٠,٧٥ ، ٠,٦٧ للحركة العادية والهرولة والحالتين معاً.

٥-٤- تقدير الطاقة الاستيعابية:

تبين من أنموذج المحاكاة أن الطاقة الاستيعابية المثلى في حالة الكثافة المنخفضة تصل إلى ٨٦٠ شخص/ساعة وتصل إلى ١٠٠٠٠ شخص/ساعة في حالة الكثافة المتوسطة. أما في حالة الكثافة العالية فإنها تصل إلى ٤٠٠٠٠ شخص/ساعة.

٦- التوصيات:

أ- نظراً لانخفاض نسبة الساعين فى الطابق العلوى والسطح بالقارنة بالطابق الأرضى فإنه يجب تكثيف الإرشاد وتوعية الساعين خاصة القادمين من خارج المملكة بوجود طوابق أخرى غير الطابق الأرضى لتخفيف الزحام فى الطابق الأرضى.

ب- بالنسبة للإرشاد والتوجيه يجب الأخذ فى الاعتبار كيفية مخاطبة الأميين لتوجيههم حيث تبين ارتفع نسبتهم بالطابق الأرضى.

ج- تبين ارتفاع نسبة الساعين فى الطابق الأرضى بسبب الإعتقاد الدينى. لهذا يجب الأخذ فى الاعتبار هذا السبب فى الإرشاد لإقناع الساعين بإمكانية التوجه إلى استخدام الطوابق الأخرى بالمسعى.

د- اتضح من النتائج أن الأسباب الرئيسية فى عدم استخدام الطابق السطحى بكثرة تكمن فى عدم المعرفة بأن هناك طواف على السطح حيث تبلغ نسبة الساعين لهذا السبب نحو ٢٢,٦٪. كما أن صعوبة الوصول إلى السطح كان سبباً رئيسياً فى عدم استخدام الساعين لهذا الطابق حيث بلغت نسبتهم ٥٢,٧٪. لذا فإن فتكثيف الإرشاد والتوعية واجب أساسى كما أن تبصير الساعين بكيفية الوصول إلى السطح تعتبر فى غاية الأهمية.

هـ- ضرورة توجيه الداخلين للحرم من أبواب المسعى المطلة على الساحة الشرقية من الكبارى العابرة للمسعى للدخول للحرم.

و- توفير عربات مجانية أو للإيجار بكثرة فى الطابق العلوى.

ز- تبين من هذا البحث أن الطاقة الاستيعابية للمثلى فى حالة الكثافة العالية تصل إلى ٤٠٠٠ شخص/ساعة. لذا يجب مقارنة هذه السعة مع سعة الجمرات وبخاصة لهؤلاء الذين يقصدون الحرم بعد الانتهاء من رمى الجمرات بغرض السعى وكذلك مقارنة تلك السعة بسعة الطواف.

٧- المراجع .

1- Department of Transportation, "Highway Capacity Manual", Washington, D.C., 1985.

٢- الفريق البحثى فى مركز أبحاث الحج "دراسة الحركة بالمطـــاف" ، مركـــز أبحاث الحج – ١٤٠٨ هـــ.

٣- حسنى أبو الفتوح ، محمد سليم حسن "دراسة حركة الحجاج فى المسعى" ، مركز أبحاث الحج – ١٤٠٣ هـــ.

4- El-Hawary, "Elements of Transport Planning", Faculty of Engineering, Cairo University, 1989.

5- Krueckeberg, D.A., and Silvers, A.L."Urban Planning Analysis:Methods and Models", Copyright by John Wiley&Sons,Inc. 1974.

6- Ahmed Elbadawy Taha Abd ElMegeed, et al "Modeling the Pedestrian Hajjis Movement During Nafra From Arafat", Faculty of Engineering, Cairo University, Journal of Engineering and Applied Science, Vol. 43, No. 2 Apr. 1996

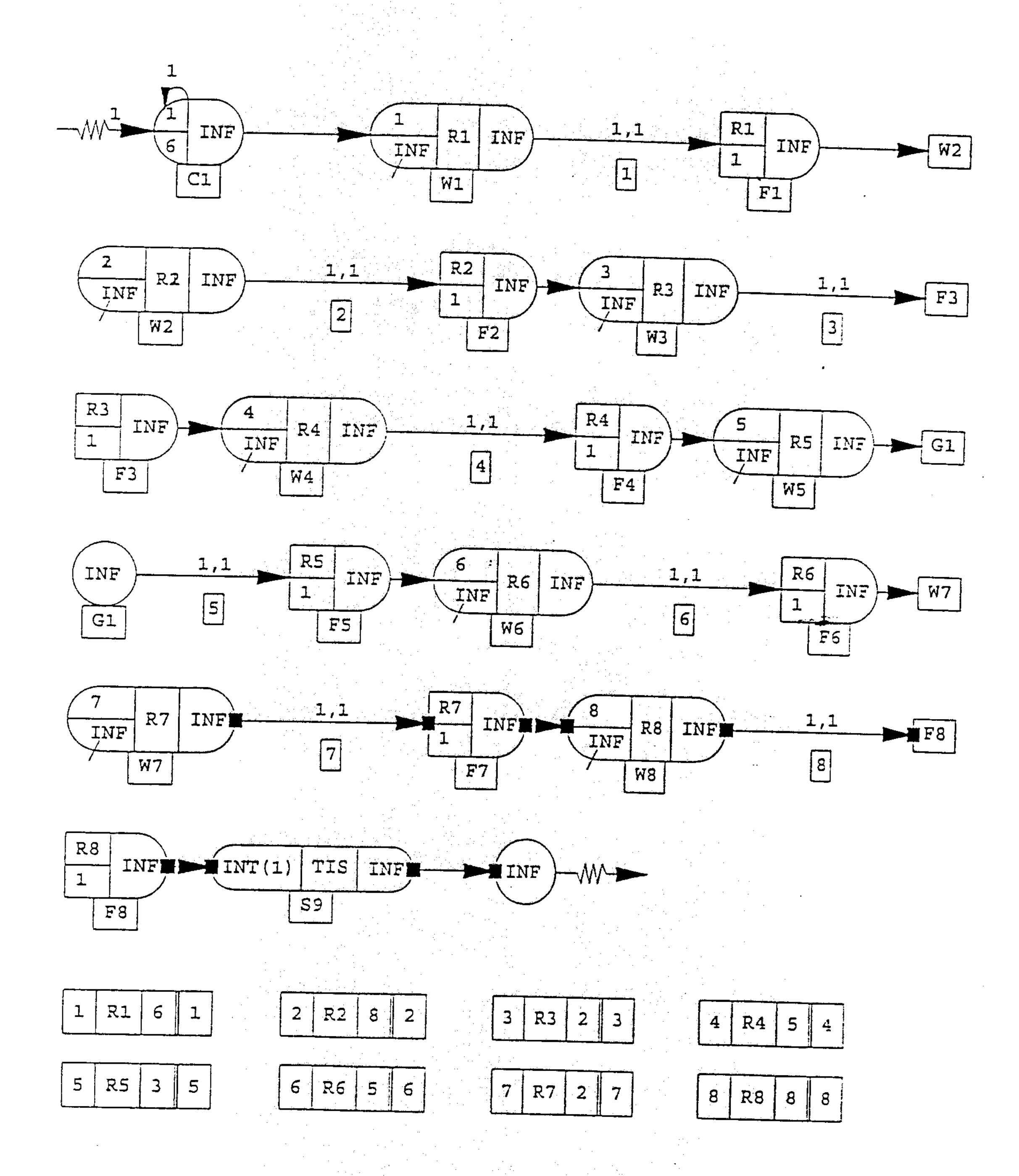
7- Miller , Freund , and Johnson " Probability and statisics for Engineers " , Prentice – Hall inc . , N.J. , 1990 .

8- Pritsker , A.B. , " Introduction to Simulation and SLAM II ", 3rd .ed. , John Wiley & Sons , N.Y. ,1986 .

ملحق رقم (١) : الأنموذج البرمجي للمحاكاة

```
1  GEN,M RADHWI,MASSA SIM,09/30/1415,1,Y,Y,Y/Y,Y,Y/1,132;
2  LIMITS,8,2,500;
3  ARRAY(1,11)/.0769,.3803,.5812,.7222,.8675,.9274,.9786,.9872,.9915,.995
4  ARRAY(2,11)/13,19,25,31,37,43,49,55,67,133,157;
5  ARRAY(3,12)/.0043,.0171,.1154,.4145,.6496,.7992,.9231,.9615,.9786,.991
6  1.0;
7  ARRAY(4,12)/3,27,33,39,45,51,57,63,69,75,99,105;
8  NETWORK;
9          RESOURCE/1,R1(10),1;
10         RESOURCE/2,R2(14),2;
11         RESOURCE/3,R3(4),3;
12         RESOURCE/4,R4(4),4;
13         RESOURCE/5,R5(2),5;
14         RESOURCE/6,R6(4),6;
15         RESOURCE/7,R7(4),7;
16         RESOURCE/8,R8(14),8;
17  ;
18  C1     CREATE,70,,1;
19         ACTIVITY;
20  W1     AWAIT(1),R1;
21         ACTIVITY/1,RLOGN(48,21);
22  F1     FREE,R1;
23         ACTIVITY,,,W2;
24  ;
25  W2     AWAIT(2),R2;
26         ACTIVITY/2,RLOGN(48,12);
27  F2     FREE,R2;
28         ACTIVITY;
29  W3     AWAIT(3),R3;
30         ACTIVITY/3,RLOGN(26,11),,F3;
31  ;
32  F3     FREE,R3;
33         ACTIVITY;
34  W4     AWAIT(4),R4;
35         ACTIVITY/4,RLOGN(163,33);
36  F4     FREE,R4;
37         ACTIVITY;
38  W5     AWAIT(5),R5;
39         ACTIVITY,,,G1;
40  ;
41  G1     GOON;
42         ACTIVITY/5,RLOGN(81,23);
43  F5     FREE,R5;
44         ACTIVITY;
45  W6     AWAIT(6),R6;
46         ACTIVITY/6,RLOGN(167,31);
47  F6     FREE,R6;
48         ACTIVITY,,,W7;
49  ;
50  W7     AWAIT(7),R7;
51         ACTIVITY/7,DPROBN(1,2);
52  F7     FREE,R7;
53         ACTIVITY;
54  W8     AWAIT(8),R8;
55         ACTIVITY/8,DPROBN(3,4),,F8;
56  ;
57  F8     FREE,R8;
58         ACTIVITY;
59  S1     COLCT,INT(1),TIS;
60         ACTIVITY;
61         TERMINATE;
62         END;
63  INITIALIZE,,48800,Y;
64  MONTR,CLEAR,20000;
65  FIN;
```

ملحق رقم (٣) : الأنموذج الشبكي للمحاكاة بأرقام ثابتة



1
1
1 INF
6
C1
1 R1 INF
INF
W1
1,1
1
R1 INF
1
F1
W2
2 R2 INF
INF
W2
1,1
2
R2 INF
1
F2
3 R3 INF
INF
W3
1,1
3
F3
R3 INF
1
F3
4 R4 INF
INF
W4
1,1
4
R4 INF
1
F4
5 R5 INF
INF
W5
G1
INF
G1
1,1
5
R5 INF
1
F5
6 R6 INF
INF
W6
1,1
6
R6 INF
1
F6
W7
7 R7 INF
INF
W7
1,1
7
R7 INF
1
F7
8 R8 INF
INF
W8
1,1
8
F8
R8 INF
1
F8
INT(1) TIS INF
S9
INF
1 R1 6 1
2 R2 8 2
3 R3 2 3
4 R4 5 4
5 R5 3 5
6 R6 5 6
7 R7 2 7
8 R8 8 8

ملحق رقم (٣) : عينة من النتائج اللحظية لتشغيل الأنموذج بأرقام ثابتة

INTERMEDIATE RESULTS

SLAM II TRACE BEGINNING AT TNOW= .0000E+00

TNOW	JEVNT	NODE ARRIVAL LABEL	NODE ARRIVAL TYPE	CUR ATRIB	BUFFER	ACTIVITY SUMMARY IND	DURATION	END ND
.100E+01		C1	CREATE	.100E+01	.000E+00	0	.000	W1
		W1	AWAIT	.100E+01	.000E+00	1	1.000	F1
.200E+01		C1	CREATE	.200E+01	.000E+00	0	.000	W1
		W1	AWAIT	.200E+01	.000E+00	1	1.000	F1
		F1	FREE	.100E+01	.000E+00	0	.000	W2
		W2	AWAIT	.100E+01	.000E+00	2	1.000	F2
.300E+01		C1	CREATE	.300E+01	.000E+00	0	.000	W1
		W1	AWAIT	.300E+01	.000E+00	1	1.000	F1
		F1	FREE	.200E+01	.000E+00	0	.000	W2
		W2	AWAIT	.200E+01	.000E+00	2	1.000	F2
		F2	FREE	.100E+01	.000E+00	0	.000	W3
		W3	AWAIT	.100E+01	.000E+00	3	1.000	F3
.400E+01		C1	CREATE	.400E+01	.000E+00	0	.000	W1
		W1	AWAIT	.400E+01	.000E+00	1	1.000	F1
		F1	FREE	.300E+01	.000E+00	0	.000	W2
		W2	AWAIT	.300E+01	.000E+00	2	1.000	F2
		F2	FREE	.200E+01	.000E+00			